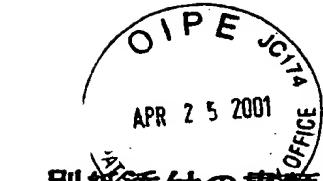


CFG 2741, VS

Ishizuka  
091780,433  
5878

日本国特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

2001年 2月 1日

出願番号  
Application Number:

特願2001-025124

出願人  
Applicant(s):

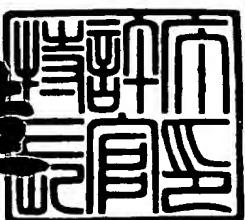
キヤノン株式会社

RECEIVED  
APR 27 2001  
TIC 2800 MAIL ROOM

2001年 3月 9日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3016624

【書類名】 特許願  
【整理番号】 4392167  
【提出日】 平成13年 2月 1日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 G02B 26/10  
【発明の名称】 格子干渉型光学式エンコーダ  
【請求項の数】 23  
【発明者】  
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子三丁目30番2号 キヤノン株式会社内  
【氏名】 石塚 公  
【特許出願人】  
【識別番号】 000001007  
【氏名又は名称】 キヤノン株式会社  
【代表者】 御手洗 富士夫  
【代理人】  
【識別番号】 100075948  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 日比谷 征彦  
【電話番号】 03-3852-3111  
【先の出願に基づく優先権主張】  
【出願番号】 特願2000- 37043  
【出願日】 平成12年 2月15日  
【先の出願に基づく優先権主張】  
【出願番号】 特願2000- 37044  
【出願日】 平成12年 2月15日  
【先の出願に基づく優先権主張】  
【出願番号】 特願2000- 37045  
【出願日】 平成12年 2月15日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013365

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703876

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 格子干渉型光学式エンコーダ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 照明光学系からの可干渉光を照射されて2つの異なる次数の回折光を発生させる回折格子と、該回折格子に向かって光束を照射する光源手段と、前記回折格子から発生された2つの異なる次数の回折光を偏向し前記回折格子に再照射させる円環状格子と、前記回折格子に再照射された前記回折光が再回折されて発生した回折光同士を重ね合わせて干渉させた光束を偏向する光束偏向手段と、前記干渉光を受光する受光手段とを備えたことを特徴とする格子干渉型光学式エンコーダ。

【請求項2】 前記円環状格子は反射型回折格子としたことを特徴とする請求項1に記載に記載の格子干渉型光学式エンコーダ。

【請求項3】 前記円環状格子は透過型回折格子とし、該透過型回折格子を透過回折した回折光を反射光学素子で反射させ、前記透過型回折格子により再回折した2回回折光を前記回折格子に照射させることを特徴とする請求項1に記載の格子干渉型光学式エンコーダ。

【請求項4】 前記円環状格子は局部的に設けたことを特徴とする請求項1に記載の格子干渉型光学式エンコーダ。

【請求項5】 照明光学系からの可干渉光を照射されて2つの異なる次数の回折光を発生させる回折格子と、該回折格子に向かって光束を照射する光源手段と、前記回折格子から発生された2つの異なる次数の回折光を偏向し前記回折格子に再照射させる円環状格子と、前記回折格子により発生した回折光を前記円環状格子上に略点集光させる集光手段と、前記回折格子に再照射された前記回折光が再回折されて発生した回折光同士を重ね合わせて干渉させた光束を偏向する光束偏向手段と、前記干渉光を受光する受光手段とを備えたことを特徴とする格子干渉型光学式エンコーダ。

【請求項6】 前記円環状格子は反射型回折格子としたことを特徴とする請求項5に記載の格子干渉型光学式エンコーダ。

【請求項7】 前記円環状格子は局部的に設けたことを特徴とする請求項5に記載の格子干渉型光学式エンコーダ。

【請求項8】 前記集光素子は回折レンズとしたことを特徴とする請求項5に記載の格子干渉型光学式エンコーダ。

【請求項9】 照明光学系からの可干渉光を照射されて2つの異なる次数の回折光を発生させる回折格子と、該回折格子に向かって光束を照射する光源手段と、前記回折格子から発生された2つの異なる次数の回折光を偏向し前記回折格子に再照射させる円環状格子と、前記回折格子により発生した回折光を前記円環状格子上に集光傾向の光束状態にする集光手段と、前記回折格子に再照射された前記回折光が再回折されて発生した回折光同士を重ね合わせて干渉させた光束を偏向する光束偏向手段と、前記干渉光を受光する受光手段とを備えたことを特徴とする格子干渉型光学式エンコーダ。

【請求項10】 前記円環状格子は反射型回折格子としたことを特徴とする請求項9に記載の格子干渉型光学式エンコーダ。

【請求項11】 前記円環状格子は局部的に設けたことを特徴とする請求項9に記載の格子干渉型光学式エンコーダ。

【請求項12】 照明光学系からの可干渉光を照射されて2つの異なる次数の回折光を発生させる回折格子と、該回折格子に向かって光束を照射する光源手段と、前記回折格子から発生された2つの異なる次数の回折光を偏向し前記回折格子に再照射させる円環状格子と、前記回折格子により発生した回折光を前記回折格子上に略点集光させる集光手段と、前記回折格子に再照射された前記回折光が再回折されて発生した回折光同士を重ね合わせて干渉させた光束を偏向する光束偏向手段と、前記干渉光を受光する受光手段とを備えたことを特徴とする格子干渉型光学式エンコーダ。

【請求項13】 前記円環状格子は反射型回折格子としたことを特徴とする請求項12に記載の格子干渉型光学式エンコーダ。

【請求項14】 前記円環状格子は局部的に設けたことを特徴とする請求項12に記載の格子干渉型光学式エンコーダ。

【請求項15】 照明光学系からの可干渉光を照射されて2つの異なる次数

の回折光を発生させる回折格子と該回折格子に向かって光束を照射する光源手段と、前記回折格子から発生された2つの異なる次数の回折光を偏向し前記回折格子に再照射させる円環状格子と、前記回折格子により発生した回折光を、集光傾向で前記環状格子上に照明し前記円環状格により回折偏向させ前記回折格子上に略点集光させる集光手段と、前記回折格子に再照射された前記回折光が再回折されて発生した回折光同士を重ね合わせて干渉させた光束を受光素子に導光する光束偏向手段と、前記干渉光を受光する受光手段とを備えたことを特徴とする格子干渉型光学式エンコーダ。

【請求項16】 前記円環状格子は反射型回折格子としたことを特徴とする請求項15に記載の格子干渉型光学式エンコーダ。

【請求項17】 前記円環状格子は局部的に設けたことを特徴とする請求項15に記載の格子干渉型光学式エンコーダ。

【請求項18】 格子干渉型エンコーダは以下を有する照明光学系からの可干渉光を照射されて2つの異なる次数の回折光を発生させる回折格子と、前記回折格子に向かって光束を照射する光源手段と、前記回折格子から発生された2つの異なる次数の回折光を偏向し前記回折格子に再照射させる円環状格子と、前記発光素子から発した可干渉光を前記回折格子上に線状集光させる線状集光手段と前記回折格子に再照射された前記回折光が再回折されて発生した回折光同士を重ね合わせて干渉させた光束を偏向する光束偏向手段と、前記干渉光を受光する受光手段とを備えたことを特徴とする格子干渉型光学式エンコーダ。

【請求項19】 前記円環状格子は反射型回折格子としたことを特徴とする請求項18に記載の格子干渉型光学式エンコーダ。

【請求項20】 前記円環状格子は透過型回折格子で、前記透過型回折格子を透過回折した回折光を反射光学素子で反射させ、前記透過型回折格子により再回折した2回回折光を前記回折格子に照射させることを特徴とする請求項18に記載の格子干渉型光学式エンコーダ。

【請求項21】 前記円環状格子は局部的に設けたことを特徴とする請求項18に記載の格子干渉型光学式エンコーダ。

【請求項22】 前記線状集光素子はシリンドリカルレンズとしたことを特

徴とする請求項18に記載の格子干渉型光学式エンコーダ。

【請求項23】 前記線状集光素子は回折レンズとしたことを特徴とする請求項18に記載の格子干渉型光学式エンコーダ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば産業用計測機械等において、位置や角度情報を検出するための円環状回折格子による反射機構を有する格子干渉型光学式エンコーダに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

図55は従来例のリニアエンコーダの構成図を示し、可干渉光源である半導体レーザー光源1からの光束をコリメータレンズ2を介して偏光ビームスプリッタ3により偏光成分毎に分割している。偏光ビームスプリッタ3を透過したP偏光光束は光学反射面に伝播された後に、角度θで回折格子スケール4上の回折格子部に入射し、反射して+1次回折光として射出し、1/4波長板5を介して反射光学素子6により元の光路に戻され、更に+1次回折して偏光ビームスプリッタ3まで戻される。

【0003】

一方の偏光ビームスプリッタ3で反射したS偏光光束は光学反射面に伝播された後に、角度θでスケール4上の回折格子部に入射し、反射して-1次回折光として射出し、1/4波長板5を介して反射光学素子6により元の光路に戻され、更に1次回折して偏光ビームスプリッタ3まで戻される。

【0004】

ここで、何れの回折光の光路中にも1/4波長板5が挿入されているために、偏光方位は往復によって90度変換され、前者はS偏光光束となり後者はP偏光光束となって、偏光ビームスプリッタ3に戻されている。従って、偏光ビームスプリッタ3では+1次回折光は反射し、-1次回折光は透過してそれぞれ波面が重ね合わされて射出される。その後に1/4波長板7を透過して、2光束間の位

相差に基づいて偏光方位が変化する直線光光束に変換され、後段の非偏光ビームスプリッタ8により2分割され、それぞれ偏光板9a、9bにより特定の偏光方位のみが抽出されて、受光素子10a、10bにおいて明暗信号が得られる。

#### 【0005】

このそれぞれの明暗信号の位相（タイミング）は、偏光板9a、9bの偏光方位のずれで与えられるので、偏光板9aと偏光板9bは互いに偏光方位を45度ずらすことによって、明暗信号の位相差を90度に設定している。

#### 【0006】

本従来例に採用されている反射光学素子6には、屈折率分布タイプのレンズ光学素子を使用し、平行光束が入射したときに端面で集光するように長さが選択され、更に端面には反射膜がコートされている。このような光学素子はキャッツアイと呼ばれ、入射した光束と全く反対の方位に光束を進行させる性質がある。このエンコーダにおいては、一般的に半導体レーザー光源1の波長が変動すると回折角が変化して光路がずれると共に、干渉させる2光束間の角度が変化して干渉状態が変化してしまう。また、スケール4と検出ヘッド部のアライメントが相対的にずれても同様に光路がずれてしまう。

#### 【0007】

このため、上述の反射光学素子6を使用することによって、回折角がずれても元の角度で進行するために、再回折光の進路には変化が生ぜず、安定した計測ができるようにされている。

#### 【0008】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら上述の従来例においては、反射光学素子6は5mm程度の寸法が必要であり、光束を略垂直に入射しないと所定の性能が得られないために、一般的には回折角に合わせて配置場所を決定する必要があり、更にエンコーダ自体を小型化するには空間的に斜めに配置することになって寸法的に限界が生ずる。

#### 【0009】

また、ロータリエンコーダの場合には回折格子スケール4として放射状回折格子を使用するので、キャッツアイの中心部に入射しないと、戻された光束が回折

格子スケール4に再照射される際に照射場所が若干ずれてしまうことになる。

【0010】

この結果、再回折光の方位がずれるという現象が発生し、格子ピッチがミクロンオーダに細かく、かつ放射格子スケールの直径（ディスク径）が小さい程この影響は大きくなる。そしてこの影響は、スケール4と検出部とが分離したタイプでは、両者のギャップ寸法や設置角度誤差等によるアライメント誤差の影響として大きく現れる。従って、キャツツアイを使用した方式では、更なる微細な放射格子スケールを使用する上で限界がある。

【0011】

また、この種の格子干渉方式エンコーダはミクロンオーダの微細スケールを採用し、このスケールで回折した2つの光束を取り出して干渉させることによって、幾何光学式エンコーダよりもはるかに高分解能のエンコーダが得られている。

【0012】

このエンコーダは2つの回折光の波面を合成して干渉パターンを生成する構成を採用しているが、干渉光学系であることから各光学素子の加工や配置精度が非常に厳しいのが現状である。特に、スケール部と検出ヘッド部が分離した組込式のエンコーダの場合には、ユーザがスケールと検出ヘッドをモータやステージ等に装着しなければならないために、その作業の困難さが問題となっている。

【0013】

本発明の目的は、上述の問題点を解消し、キャツツアイに代る光路ずれ補正光学系を用いて、良好なS/N比が得られ、安定した光束検出を行う格子干渉型光学式エンコーダを提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するための本発明に係る格子干渉型光学式エンコーダは、照明光学系からの可干渉光を照射されて2つの異なる次数の回折光を発生させる回折格子と、該回折格子に向かって光束を照射する光源手段と、前記回折格子から発生された2つの異なる次数の回折光を偏向し前記回折格子に再照射させる円環状格子と、前記回折格子に再照射された前記回折光が再回折されて発生した回折光

同士を重ね合わせて干渉させた光束を偏向する光束偏向手段と、前記干渉光を受光する受光手段とを備えたことを特徴とする。

## 【0015】

また、本発明に係る格子干渉型光学式エンコーダは、照明光学系からの可干渉光を照射されて2つの異なる次数の回折光を発生させる回折格子と、該回折格子に向かって光束を照射する光源手段と、前記回折格子から発生された2つの異なる次数の回折光を偏向し前記回折格子に再照射させる円環状格子と、前記回折格子により発生した回折光を前記円環状格子上に略点集光させる集光手段と、前記回折格子に再照射された前記回折光が再回折されて発生した回折光同士を重ね合わせて干渉させた光束を偏向する光束偏向手段と、前記干渉光を受光する受光手段とを備えたことを特徴とする。

## 【0016】

本発明に係る格子干渉型光学式エンコーダは、照明光学系からの可干渉光を照射されて2つの異なる次数の回折光を発生させる回折格子と、該回折格子に向かって光束を照射する光源手段と、前記回折格子から発生された2つの異なる次数の回折光を偏向し前記回折格子に再照射させる円環状格子と、前記回折格子により発生した回折光を前記円環状格子上に集光傾向の光束状態にする集光手段と、前記回折格子に再照射された前記回折光が再回折されて発生した回折光同士を重ね合わせて干渉させた光束を偏向する光束偏向手段と、前記干渉光を受光する受光手段とを備えたことを特徴とする。

## 【0017】

本発明に係る格子干渉型光学式エンコーダは、照明光学系からの可干渉光を照射されて2つの異なる次数の回折光を発生させる回折格子と、該回折格子に向かって光束を照射する光源手段と、前記回折格子から発生された2つの異なる次数の回折光を偏向し前記回折格子に再照射させる円環状格子と、前記回折格子により発生した回折光を前記回折格子上に略点集光させる集光手段と、前記回折格子に再照射された前記回折光が再回折されて発生した回折光同士を重ね合わせて干渉させた光束を偏向する光束偏向手段と、前記干渉光を受光する受光手段とを備えたことを特徴とする。

## 【0018】

本発明に係る格子干渉型光学式エンコーダは、照明光学系からの可干渉光を照射されて2つの異なる次数の回折光を発生させる回折格子と該回折格子に向かって光束を照射する光源手段と、前記回折格子から発生された2つの異なる次数の回折光を偏向し前記回折格子に再照射させる円環状格子と、前記回折格子により発生した回折光を、集光傾向で前記環状格子上に照明し前記円環状格により回折偏向させ前記回折格子上に略点集光させる集光手段と、前記回折格子に再照射された前記回折光が再回折されて発生した回折光同士を重ね合わせて干渉させた光束を受光素子に導光する光束偏向手段と、前記干渉光を受光する受光手段とを備えたことを特徴とする。

## 【0019】

本発明に係る格子干渉型光学式エンコーダは、格子干渉型エンコーダは以下を有する照明光学系からの可干渉光を照射されて2つの異なる次数の回折光を発生させる回折格子と、前記回折格子に向かって光束を照射する光源手段と、前記回折格子から発生された2つの異なる次数の回折光を偏向し前記回折格子に再照射させる円環状格子と、前記発光素子から発した可干渉光を前記回折格子上に線状集光させる線状集光手段と前記回折格子に再照射された前記回折光が再回折されて発生した回折光同士を重ね合わせて干渉させた光束を偏向する光束偏向手段と、前記干渉光を受光する受光手段とを備えたことを特徴とする。

## 【0020】

## 【発明の実施の形態】

本発明を図1～図54の実施の形態に基づいて詳細に説明する。

図1は第1の実施の形態のリニアエンコーダの構成図を示している。半導体レーザー光源11から射出する光束の光路上に、コリメータレンズ12、ビームスプリッタ13、円環状反射格子14、リニア回折格子スケール15が配列されており、ビームスプリッタ13の反射方向に受光素子16が配置されている。ここで、回折格子スケール15上の格子ピッチをP1とすると、円環状反射格子14はピッチP2 = P1/2の関係に設定されている。

## 【0021】

このような構成により、半導体レーザー光源11から射出した光束Lは、コリメータレンズ12により略平行光束となり、ビームスプリッタ13、円環状反射格子14の中央部を透過して、回折格子スケール15に照射され、回折格子スケール15からの反射回折光L+、L-は、それぞれ円環状反射格子14上に照射される。円環状反射格子14は局所的に見ると格子ピッチP2のリニア回折格子として作用し、回折格子スケール15の同一位置に向けて照射されて再び回折し、それらの光束がそれぞれ重ね合わされてビームスプリッタ13まで戻される。

#### 【0022】

この光束はそれぞれビームスプリッタ13によって半導体レーザー光源11と異なる方向に取り出され、干渉光束として受光素子16において検出される。なお、±1次回折光を使用した場合には、干渉の明暗周期は回折格子スケール15の1ピッチ分の移動に対して4周期である。

#### 【0023】

図2は半導体レーザー光源11の発振波長が温度環境の変化等の要因により変化して、回折角が変わった場合の光路ずれの説明図である。回折格子スケール15による回折光の回折角が変わっても、円環状反射格子14により元の回折角で回折されるので、回折格子スケール15による再回折位置及び射出光束の状態は不変であり、干渉状態は安定しており、格子スケール15を放射状格子に変えても問題はない。

#### 【0024】

図3は回折格子スケール15の位置をずらした場合の光路ずれの説明図である。検出ヘッドと回折格子スケール15のギャップが小さくなっても、円環状反射格子14により回折されるので、回折格子スケール15による再回折位置及び射出光束の状態は不変であり、干渉状態は安定している。これは格子を放射状格子に変えても問題がない。

#### 【0025】

図4は回折格子スケール15と検出ヘッド部の設置角度をアジマス方向にずらした場合の光路ずれの説明図である。アジマス誤差が多少加わっても円環状反射格子14の作用により元の光路に回折されるので、回折格子スケール15で再回

折位置及び射出光束の状態は不变であり、干渉状態は安定している。

【0026】

図5は回折格子スケール15と検出ヘッド部の設置角度に格子線を軸にしてチルト誤差を与えた場合の光路ずれの説明図である。チルト誤差が多少加わっても、回折格子スケール15に再回折位置及び射出光束の状態において、±1次回折光光束間には差は生じないので干渉状態は安定している。ただし、再回折位置自体はずれることになる。

【0027】

図6は回折格子スケール15と検出ヘッド部の設置角度に格子配列方位を軸にしてチルト誤差を与えた場合の光路ずれの説明図である。チルト誤差が多少加わっても、同様に±1次回折光光束間に差が生じないので干渉状態は安定しており、再回折位置自体はずれる。

【0028】

このように、反射光学素子として円環状反射格子14を採用することにより、小型性かつ高分解能で、取付誤差に寛容な性能を得ることができる。

【0029】

図7は第2の実施の形態の構成図を示し、位相差信号を発生させるように偏光素子を配置して、2相信号検出にしたものである。可干渉光源である半導体レーザー光源11の光路上に、コリメータレンズ12、非偏光ビームスプリッタ13、円環状反射格子14、偏光方位を互いに90度ずらした2個の偏光板20S、20P、回折格子スケール15が配列されている。非偏光ビームスプリッタ13の反射方向には、1/4波長板21、非偏光ビームスプリッタ22が配列されており、非偏光ビームスプリッタ22の反射方向に偏光板23a、受光素子16aが配置され、透過方向に偏光板23b、受光素子16bが配置されている。

【0030】

このような構成により、半導体レーザー光源11からの光束はコリメータレンズ12、非偏光ビームスプリッタ13を透過した後に、円環状反射格子14の中央の透過窓部を通って回折格子スケール15に略垂直に照射される。回折格子スケール15から反射された±1次回折光は回折角θで射出し、円環状反射格子

14により元の光路に回折反射され、更に回折格子スケール15により-1次回折されて非偏光ビームスプリッタ13まで戻される。

#### 【0031】

一方の反射された-1次回折光は回折角 $\theta$ で反対方向に射出し、円環状反射格子14により元の光路に回折反射され、更に回折格子スケール15により-1次回折されて、非偏光ビームスプリッタ13まで戻される。ここで、半導体レーザー光源11から回折格子スケール15に照射された光束は垂直及び水平方向の偏光成分を含んでおり、非偏光ビームスプリッタ13に伝播される±1次回折光は、明暗光束にはなっていないが、互いに偏光方位が90度ずれて波面が重なり合っている。

#### 【0032】

この結果、非偏光ビームスプリッタ13により反射された両光束は1/4波長板21を透過し、2光束間の位相差に基づいて偏光方位が変化する直線偏光光束に変換され、後段の非偏光ビームスプリッタ22により2分割され、それぞれ偏光板23a、23bによって特定の偏光方位のみが抽出されて、それぞれ受光素子16a、16bによって明暗信号が受光される。これらそれぞれの明暗信号の位相(タイミング)は、偏光板23a、23bの偏光方位のずれで与えられる。即ち、偏光板23aと偏光板23bの偏光方位を互いに45度ずらすことによって、明暗信号の位相差は90度に設定される。

#### 【0033】

図8は第3の実施の形態の構成図を示し、位相差信号を発生するように結晶光学素子を配置して、2相信号検出となっている。本実施の形態では、回折格子スケール15と円環状反射格子14の間の光路中的一方に、1/4波長板24が挿入されている。

#### 【0034】

半導体レーザー光源11からの光束は、非偏光ビームスプリッタ13を透過した後に回折格子スケール14に略垂直に照射されている。回折格子スケール15から反射された+1次回折光は回折角 $\theta$ で射出し、1/4波長板24を通って円環状反射格子14に至り、円環状反射格子14で元の光路に回折反射され、再び

回折格子スケール15により+1次回折して非偏光ビームスプリッタ13まで戻される。

【0035】

一方の反射された-1次回折光は回折角 $\theta$ により反対方向に射出し、1/4波長板24を通って円環状反射格子14に至り、円環状反射格子14により元の光路に回折反射され、再び回折格子スケール15により-1次回折して非偏光ビームスプリッタ13まで戻される。ここで、半導体レーザー光源11から回折格子スケール15に照射された光束の偏光成分は1/4波長板24の光学軸に対して45度の関係になっており、1/4波長板24を往復透過した側のみ偏光方位が90度ずらされるために、非偏光ビームスプリッタ13に伝播される±1次回折光は明暗光束にはなっていないが、互いに偏光方位が90度ずれて波面が重なり合っている。

【0036】

その後は、第2の実施の形態と同様に、これらの両光束は1/4波長板21、非偏光ビームスプリッタ22を通り、それぞれ偏光板23a、23bを介して受光素子16a、16bによって明暗信号が受光される。

【0037】

図9は第4の実施の形態の構成図を示し、位相差信号を発生するように結晶光学素子が配置され、2相信号検出としている。本実施の形態では、回折格子スケール15と円環状反射格子14の間の光路中に1/8波長板25a、25bが互いに光学軸を90度ずらして挿入されている。

【0038】

半導体レーザー光源11からの光束は非偏光ビームスプリッタ13を透過した後に、回折格子スケール15に略垂直に照射される。回折格子スケール15から反射された+1次回折光は回折角 $\theta$ で射出し、1/8波長板25aを通って円環状反射格子14に至り、円環状反射格子14により元の光路に回折反射され、再び回折格子スケール15により+1次回折して非偏光ビームスプリッタ13まで戻される。

【0039】

一方の反射された-1次回折光は回折角 $\theta$ により反対方向に射出し、1/8波長板25bを通って円環状反射格子14に至り、この円環状反射格子14により元の光路に回折反射され、再び回折格子スケール15により-1次回折されて、非偏光ビームスプリッタ13まで戻されている。ここで、半導体レーザー光源11から回折格子スケール15に照射された光束の偏光成分は、1/8波長板25a、25bの光学軸に対して45度の関係に設定されている。

#### 【0040】

非偏光ビームスプリッタ13に伝播される±1次回折光は、互いに逆周りの円偏光光束となっているために、両者をベクトル合成すると、2光束間の位相差に基づいて偏光方位が変化する直線偏光光束に変換される。この光束は後段の非偏光ビームスプリッタ22により2分割され、それぞれを偏光板23a、23bにより特定の偏光方位のみが抽出され、それぞれの受光素子16a、16bにおいて明暗信号が受光される。

#### 【0041】

図10は第5の実施の形態の構成図を示し、第4の実施の形態で円環状反射格子14の代りに円環状透過格子26が採用され、円環状透過格子26の直後にある反射面27により往復回折して、回折格子スケール15上に再照射するように構成されている。ここで、円環状透過格子26のピッチは回折格子スケール15のピッチと同じに設定されている。

#### 【0042】

第4の実施の形態と同様に、半導体レーザー光源11からの光束は非偏光ビームスプリッタ13を透過して回折格子スケール15に照射され、その+1次反射回折光は回折角 $\theta$ で出射し、1/8波長板25aを通って円環状透過格子26により回折し、回折直後の反射面27により元の光路に戻され、再び円環状透過格子26により回折偏向し、回折格子スケール15により+1次回折されて非偏光ビームスプリッタ13まで戻される。

#### 【0043】

一方の-1次反射回折光は回折角 $\theta$ により反対方向に射出し、1/8波長板25bを通って円環状透過格子26により回折し、反射面27により元の光路に戻

され、再び円環状透過格子26により回折偏向し、回折格子スケール15により $\pm 1$ 次回折されて非偏光ビームスプリッタ13まで戻される。

#### 【0044】

そして第4の実施の形態と同様に、 $\pm 1$ 次回折光は直線偏光光束に変換されて非偏光ビームスプリッタ22により2分割され、それぞれ偏光板23a、23bを介して受光素子16a、16bに明暗信号が受光される。

#### 【0045】

なお、図10において位相差信号を得るためにには、図7と同様に偏光板を挿入する方法や、図8に示すように位相差板を挿入する方法も適用可能である。また、これらの偏光状態変換素子は円環状透過格子26と反射面27の間に挿入してもよい。

#### 【0046】

実際には、回折格子スケール15に照射する光束は有限の大きさを有するために、例えば格子ピッチが $2.8\mu\text{m}$ の回折格子スケール15を使用して、この回折格子スケール15と円環状反射格子14との距離を10mmに設定した場合の光束追跡を行うと、図11に示すように円環状反射格子14に特有の波面ひずみが加わって長楕円状の波面となり、受光素子16において受光する際に損失が生ずることも想定される。

#### 【0047】

更に、図12に示すように半径が9.2mm、1周の本数が20250本の放射状格子15'に、直径1mmの光束を照射した場合の光束追跡を行うと、円環状反射格子14特有の波面ひずみに更に放射状格子特有の波面ひずみが加わり、 $\pm 1$ 次回折光を合波する際に互いの波面が歪むことも想定される。

#### 【0048】

図13は第6の実施の形態のロータリエンコーダの構成図を示す。半導体レーザー光源11からの光束の光路上に、コリメータレンズ12、ビームスプリッタ13、レンズ30、円環状反射格子14、放射状回折格子スケール31が配列されており、ビームスプリッタ13の反射方向に受光素子16が配置されている。ここで、回折格子スケール31上の格子ピッチをP1とすると、円環状反射格子

14はピッチP2=P1/2の関係に設定されている。

【0049】

このような構成により、半導体レーザー光源11から射出した光束Lは、コリメータレンズ12により略平行光束となり、ビームスプリッタ13、レンズ30、円環状反射格子14の中央部を透過して、放射状回折格子スケール31に集光照射され、放射状回折格子スケール31からの反射回折光L+、L-はそれぞれ円環状反射格子14上に略点状に照射される。

【0050】

なお、回折格子スケール31としてこのような放射状回折格子スケールを使用した場合には、放射状格子特有の収差によって完全には点状集光とはならない。また、リニア回折格子スケールを使用した場合でもレーザー光のビームウエストサイズ以下にはならないが、これらは微小量なために無視することができる。

【0051】

円環状反射格子14は局所的に見ると格子ピッチP2のリニア回折格子として作用し、回折格子スケール31の集光照明領域から射出する光束に対して、円環状反射格子14に略点状に入射した光束は反転して元の進路へ回折され、回折格子スケール31に向けて照射されて再び回折し、それらの光束がそれぞれ重ね合わされてビームスプリッタ13まで戻される。この光束はそれぞれビームスプリッタ13によって半導体レーザー光源11と異なる方向へ取り出され、干渉光束として受光素子16で検出される。なお、±1次回折光を使用した場合には、干渉の明暗周期は回折格子スケール31の2ピッチ分の移動につき4周期であり、図14、図15に示すように受光素子16上において略円形の光束が得られる。

【0052】

図16は半導体レーザー光源11の発振波長が温度環境の変化等の要因によって $\Delta\lambda=10\text{ nm}$ だけ変化して、回折角が変った場合の光路ずれの計算結果の説明図である。この場合には、回折格子スケール31による回折光の回折角が変って円環状反射格子14の照射位置が若干ずれているが、円環状反射格子14の作用により元の回折角で回折されるために、回折格子スケール31による再回折位置及び射出光束の状態は変らず、干渉状態は安定している。

## 【0053】

図17は回折格子スケール31の放射格子ディスクの位置を $\Delta x = 0.5\text{ mm}$ だけずらした場合の光路ずれの説明図である。検出ヘッド部と回折格子スケール31のギャップが小さくなっても、円環状反射格子14で回折されることで、放射状回折格子スケール31による再回折位置及び射出光束の状態は変らず、干渉状態は安定している。

## 【0054】

図18、図19は放射状回折格子スケール31に対して検出ヘッド部を接線方向に $\Delta y = 0.5\text{ mm}$ だけずらした場合の光束の計算結果の説明図である。この場合は、回折格子スケール31の偏心が $0.5\text{ mm}$ の場合と等価であり、またリニア格子を使用した場合のスケール配置におけるアジャマス誤差と等価である。照射位置がずれても円環状反射格子14の作用により元の光路に回折するために、放射状回折格子スケール31による再回折位置及び射出光束の状態は変わることはない。

## 【0055】

また、図18、図19はそれぞれ+1次、-1次回折光の光路を示しており、受光素子16上では上下に多少ずれているが、互いに略平行光束であり干渉状態は安定している。なお、この $0.5\text{ mm}$ のずれはあくまで計算結果を分かり易くするための量であり、実際のエンコーダでのずれ量は更に少ない。

## 【0056】

図20、図21は回折格子スケール31と検出ヘッド部の設置角度を、格子配列方位を軸にしてチルト誤差 $\Delta \theta_z = 0.5\text{ 度}$ だけ与えた場合の光路ずれの説明図である。±1次回折光の光路をそれぞれ読み取ると、チルト誤差が多少加わっても、回折格子スケール31による再回折位置及び射出光束の状態において、±1次回折光の光束間に差は生じないので干渉状態は安定している。

## 【0057】

なお、受光素子16上への入射光束が受光素子16の面からずれているが、 $0.5\text{ mm}$ のずれは計算結果を分かり易くするための量であり、実際のエンコーダでのずれ量は更に少ない。

## 【0058】

図22、図23は回折格子スケール31と検出ヘッド部の設置角度を、格子配列方位を軸にしてチルト誤差 $\Delta\theta_y = 0$ 、5度だけ与えた場合の光路ずれの説明図である。この場合も、±1次回折光の光路をそれぞれ読み取ると、チルト誤差が多少加わっても回折格子スケール31による再回折位置及び射出光束の状態において、±1次回折光の光束間に差は生じないので干渉状態は安定しており、受光素子16の入射位置自体もほぼずれることはない。

## 【0059】

このように、反射型で円環状反射格子14とこの光学素子への点状の照射を組み合わせることによって、小型でかつ高分解能で、取付誤差に寛容な性能及び安定した干渉信号の検出を両立させることができる。

## 【0060】

図24は第7の実施の形態の斜視図を示し、位相差信号を発生するように偏光素子を配置して2相信号検出にしたものである。偏光素子として偏光板を使用し、またリニア回折レンズを使用したリニアエンコーダであり、偏光素子として1/4波長板を使用し、放射状回折レンズを使用したロータリエンコーダも可能である。

## 【0061】

可干渉光源である半導体レーザー光源11の光路上に、コリメータレンズ12、非偏光ビームスプリッタ13、レンズ30、円環状反射格子14、偏光方位を互いに90度ずらした2個の偏光板20S、20P、回折格子スケール15が配列されている。

## 【0062】

このような構成により、半導体レーザー光源11からの光束はコリメータレンズ12、非偏光ビームスプリッタ13を透過した後に、レンズ30、円環状反射格子14の中央部を介して回折格子スケール15に略垂直に照射される。先ず、回折格子スケール15から反射された+1次回折光は回折角 $\theta$ で射出し、円環状反射格子14により元の光路に回折反射され、更に回折格子スケール15により+1次回折されて非偏光ビームスプリッタ13まで戻される。

## 【0063】

一方の反射された－1次回折光は回折角 $\theta$ で反対方向に射出し、円環状反射格子14により元の光路に回折反射され、更に回折格子スケール15により－1次回折されて非偏光ビームスプリッタ13まで戻される。ここで、半導体レーザー光源11から回折格子スケール15に照射された光束は、垂直及び水平方向の偏光成分を含んでおり、非偏光ビームスプリッタ13に伝播される±1次回折光は、互いに偏光方位が90度ずれて波面が重なり合っているが、明暗光束にはなっていない。

## 【0064】

この結果、非偏光ビームスプリッタ13により反射された両光束は1/4波長板21を透過して、2光束間の位相差に基づいて偏光方位が変化する直線偏光光束に変換され、後段の非偏光ビームスプリッタ22により2分割され、それぞれが偏光板23a、23bによって特定の偏光方位のみが抽出されて明暗信号が得られる。これらそれぞれの明暗信号の位相（タイミング）は、偏光板23a、23bの偏光方位のずれで与えられる。即ち、偏光板23aと偏光板23bの偏光方位を互いに45度ずらすことによって、明暗信号の位相差は90度に設定される。

## 【0065】

図25は第8の実施の形態の光路図を示し、放射状回折格子スケール31を使用し、収束光束を照射する光学手段としてコリメータレンズ12を使用して直接収束光にしたものである。なお、図は非常に緩やかな収束光となっている。

## 【0066】

更に、図26は第9の実施の形態の構成図を示し、円環状反射格子14の中央部の透過窓部に回折レンズ32が一体的に形成されている。この回折レンズ32は中心付近の格子ピッチと周辺部の格子ピッチが連続的に変化してパターンニングされており、凸レンズの作用を有している。

## 【0067】

図27は第10の実施の形態におけるロータリエンコーダの光学配置図であり、図13の第6の実施の形態とほぼ同等の構成であるが、円環状反射格子14か

らの反射光が放射状回折格子スケール31に点状集光するようになっている。また、図28、図29はこの光学系に直径1mmの光束を入射させて±1次回折光の光線追跡を行った結果を図示したものである。

#### 【0068】

半導体レーザー光路11から射出された光束は、ビームスプリッタ13を透過し、レンズ13を透過して収束光束になり、放射状回折格子スケール31に収束傾向より照明され、反射回折光L+、L-は、それぞれ円環状反射格子14上に照明される。ここで、回折格子スケール31上の格子ピッチをP1とすると、円環状反射格子14のピッチP2は、 $P2 = P1/2$ の関係で設定されている。

#### 【0069】

円環状反射格子14は局所的に見ると、格子ピッチP2のリニア回折格子として作用し、回折格子スケール31からの線状集光領域から射出してきた光束に対して円環状反射格子14に入射した光束はほぼ元の方位へ回折され、回折格子スケール31に向けて照明され、この際にレンズ30の作用によって点状に集光され、発散傾向の光束状態で再回折され、それぞれ光束を重ね合わせてビームスプリッタ13まで戻される。

#### 【0070】

なお、復路における回折格子スケール31上での点状集光の程度として円環状反射格子14による線状集光収差があり、更に回折格子スケールとして放射状回折格子スケール31を使用した場合には、放射状回折格子スケール31特有の収差が加わり完全な点状集光にはならないが、それは微量で無視できる。

#### 【0071】

本実施の形態では、放射状回折格子スケール31及び円環状反射格子14を部分としてリニア格子とした場合に、復路の回折格子スケール31上で点状集光するように設計されているが、実際は上述の収差によって点状集光の完全性は失われる。更に、収差を無視した場合の集光位置は、復路の回折格子スケール31上に完全に一致する必要はなく、円環状反射格子14～回折格子スケール31の間であれば、干渉状態が安定する効果がある。なお、±1次回折光を使用した場合は、干渉の明暗周期は回折格子スケール31の1ピッチ分の移動につき4周期で

ある。

【0072】

図28は放射状格子スケール31及び円環状反射格子14の光束照射部における格子配列方位のみの光束要素のみを計算し、図では円環状反射格子14～受光素子16までの光束のみを選択して表示したものである。図28に示すように復路の放射状格子スケール31により略集光し、そこから発散光束として受光素子16まで進行している。また、図29は直径1mmの平行光束の各光束要素の光線追跡を光源11～受光素子16まで行ったものであり、受光素子16上でほぼ橢円形の光束が得られている。

【0073】

図30はこの第10の実施の形態において、半導体レーザー光源11の発振波長が温度環境の変化等の要因により10nm変化し、回折角が変わった場合の光路ずれの計算結果である。回折角が変わって、円環状反射格子14の照明位置が若干ずれているが、円環状反射格子14で元の回折角により回折され、回折格子スケール31で再回折位置及び射出光束の状態は不变であり、干渉状態は勿論安定している。

【0074】

図31は第10の実施の形態において、放射状回折格子スケール31の位置を0.5mmずらした場合の光路ずれの説明図である。ギャップが大きくなってしまって円環状反射格子14により回折され、放射状格子スケール31で再回折位置及び射出光束の状態はほぼ不变であり、干渉状態は勿論安定している。

【0075】

図32は第10の実施の形態により放射状回折格子スケール31に対して検出ヘッド部を接線方向に0.5mmだけずらした場合の光線の計算結果である。放射状回折格子スケール31の偏芯が0.5mmの場合と等価であり、またリニア回折格子スケール15を使用した場合のスケール配置におけるアジマス誤差と等価である。照明位置がずれても円環状反射格子14の作用により元の光路に回折され、放射状回折格子スケール31で再回折位置及び射出光束の状態は不变である。

## 【0076】

図32、図33はそれぞれ±1次回折光の光路であるが、受光素子16上では上下に多少のずれが生じている。しかし、互いに略平行光束であり、干渉状態は安定している。なお、0.5mmのずれは、あくまで計算結果を分かり易くするための量であり、実際のエンコーダにおいては、更に少ない量である。

## 【0077】

図34、図35は第10の実施の形態において、放射状回折格子スケール31と検出ヘッド部の設置角度を格子線を軸によりチルト誤差 $\Delta\theta_z = 0.5$ 度を与えた場合の光路ずれの説明図である。図34、図35の±1次回折光光路を読み取ると、チルト誤差が多少加わっても放射状回折格子スケール31に再回折位置及び射出光束の状態において、±1次回折光光束間に差が生じないので干渉状態は安定している。

## 【0078】

なお、第10の実施の形態において、受光素子16上では受光素子面から2つの次数の光束が互いに逆向きにZ軸方向にずれているが、このZ軸向き成分は略平行状態のため干渉状態の変化にはなり難い。更に、この計算における0.5mmのずれは、あくまで計算結果を分かり易くするための量であり、実際のエンコーダにおいては更に少ない量である。

## 【0079】

図36、図37は第10の実施の形態において、スケール格子と検出ヘッド部の設置角度を格子配列方位を軸によりチルト誤差 $\Delta\theta_y = 0.5$ 度を与えた場合の光路ずれの説明図である。図36、図37の±1次回折光光路を読み取ると、チルト誤差が多少加わっても回折格子スケール31に再回折位置及び射出光束の状態において、±1次回折光光束間に差が生じないので干渉状態は安定している。受光素子16への入射位置自体もほぼずれることはない。

## 【0080】

このように、円環状反射格子14と復路放射状回折格子スケール31への点状集光照明を組み合わせることにより、小型性、高分解能、取付誤差に寛容な性能及び安定した干渉信号の検出が両立できることが分かる。

## 【0081】

図38は第11の実施の形態を示し、第10の実施の形態において位相差信号を発生させるように偏光素子を配置し、2相信号検出している。この図38の実施の形態では、回折スケール15と円環状反射格子14の間の光路中に偏光方位を互いに90度ずらした偏光板20S、20Pが挿入されており、リニア回折レンズを使用したリニアエンコーダの実施の形態であり、可干渉光源である半導体レーザー光源11からの光束を非偏光ビームスプリッタ13を透過させた後に回折格子スケール15に略垂直に照明している。

## 【0082】

先ず、反射+1次回折光は回折角 $\theta$ により射出し、上方に配置した円環状反射格子14により元の光路に回折反射され、更に回折格子スケール15により+1次回折させられて、非偏光ビームスプリッタ13まで戻される。

## 【0083】

一方の反射された-1次回折光は、回折角 $\theta$ により反対方向に射出し、上方に配置した円環状反射格子14により元の光路に回折反射させられ、更に回折格子スケール15により-1次回折させられて、非偏光ビームスプリッタ13まで戻されている。

## 【0084】

従って、非偏光ビームスプリッタ13に伝播される±1次回折光は、互いに偏光方位が90度ずれて波面が重なり合っており、明暗光束にはなっていない。

## 【0085】

非偏光ビームスプリッタ13で反射された両光束は、その後の1/4波長板21を透過し、2光束間の位相差に基づいて偏光方位が変化する直線偏光光束に変換され、後段の非偏光ビームスプリッタ22によって2分割され、それぞれを偏光板23a、23bを介して特定の偏光方位のみを抽出することで明暗信号が得られる。それぞれの明暗信号の位相（タイミング）は、偏光板23a、23bの偏光方位のずれで与えられ、偏光板23aと偏光板23bは互いに偏光方位を45度ずらすことで、明暗信号の位相差を90度に設定している。

## 【0086】

図39は第12の実施の形態を示し、収束光束を照明する光学手段として、レンズ30を採用せずに、図示しないレンズコリメータレンズ12により直接収束光にしたものである。

#### 【0087】

更に、図40は第13の実施の形態を示し、円環状反射格子14の中央部の透過窓部に、回折レンズ32が一体的に形成されている。回折レンズ32は中心付近の格子ピッチと周辺部の格子ピッチが連続的に変化してパターンニングしており、凸レンズの作用を有している。

#### 【0088】

図41は第14の実施の形態のロータリエンコーダの斜視図を示す。半導体レーザー光源11からの光束の光路上に、コリメータレンズ12、非偏光ビームスプリッタ13、シリンドリカルレンズ33、円環状反射格子14、放射状回折格子スケール31が配列されており、非偏光ビームスプリッタ13の反射方向に受光素子16が配置されている。ここで、放射状回折格子スケール31上の格子ピッチをP1とすると、円環状反射格子14はピッチP2 = P1/2の関係に設定されている。

#### 【0089】

このような構成により、半導体レーザー光源11から出射した光束Lは、コリメータレンズ12により略平行光束となり、非偏光ビームスプリッタ13、シリンドリカルレンズ33、円環状反射格子14の中央部の窓部を透過して、放射状回折格子スケール31に格子線配列方位又は接線方位に対して線状に照射され、放射状回折格子スケール31からの反射回折光L+、L-は、それぞれ円環状反射格子14上に長楕円状に照射される。ここで、回折格子スケール31に線状に照射されるのは、照射光束のシリンドリカルレンズ33による集光特性の結果であり、この照明光束と直交する軸方位にはシリンドリカルレンズ33のパワーは作用しないので、元の略平行特性のみを有する光束となっている。

#### 【0090】

また、図42、図43は同一の光学系に直径1mmの光束を入射して、それぞれ1次回折光の光束追跡を行った結果の説明図である。円環状反射格子14は

局所的に見ると格子ピッチP2のリニア回折格子として作用し、放射状回折格子スケール31の線状集光領域から射出する光束に対して、円環状反射格子14のどの部分に入射した光束もほぼ元の方位へ回折し、回折格子スケール31の同一位置に向けて照射されて再び回折し、それらの光束がそれぞれ重ね合わされて非偏光ビームスプリッタ13まで戻される。これは円環状反射格子14の特有の効果である。

#### 【0091】

この光束はそれぞれビームスプリッタ13によって半導体レーザー光源11と異なる方向へ取り出され、干渉光束として受光素子16において検出される。なお、±1次回折光を使用した場合には、干渉の明暗周期は放射状回折格子スケール31の1ピッチ分の移動に対して4周期であり、図42、図43に示すように受光素子16上において略円形の光束が得られる。

#### 【0092】

図44は半導体レーザー光源11の発振波長が温度環境の変化等の要因によって $\Delta\lambda=10\text{ nm}$ だけ変化して、回折角が変った場合の光路ずれの計算結果の説明図である。放射状回折格子スケール31による回折光の回折角が変って、円環状反射格子14の照射位置が若干ずれているが、円環状反射格子14によって元の回折角で回折されるので、放射状回折格子スケール31による再回折位置及び射出光束の状態は変らず、干渉状態は安定している。

#### 【0093】

図45は放射状回折格子スケール31の位置を、 $\Delta x=0.5\text{ mm}$ だけずらした場合の光路ずれの説明図である。光束が照射されている位置の回折格子スケール31のギャップが小さくなっても円環状反射格子14で回折されて、回折格子スケール31による再回折位置及び射出光束の状態は変らず、干渉状態は安定している。

#### 【0094】

図46、図47は放射状回折格子スケール31に対して検出ヘッド部を接線方向に $\Delta y=0.5\text{ mm}$ だけずらした場合の光束の計算結果の説明図である。放射状回折格子スケール31の偏心が $0.5\text{ mm}$ の場合と等価であり、またリニア回

折格子スケールを使用した場合のスケール配置におけるアジャマス誤差と等価である。照射位置がずれても円環状反射格子14の作用により元の光路に回折されるので、放射状回折格子による再回折位置及び射出光束の状態は変わらない。

#### 【0095】

これらの図46、図47はそれぞれ±1次回折光の光路を示しており、受光素子16上では上下に多少ずれているが、互いに略平行光束であり干渉状態は安定している。なお、この0.5mmのずれはあくまで計算結果を分かり易くするための量であり、実際のエンコーダではずれ量は更に少ない。

#### 【0096】

図48、図49は放射状回折格子スケール31と検出ヘッド部の設置角度を、格子配列方位を軸にしてチルト誤差 $\Delta\theta_z = 0.5^\circ$ だけ与えた場合の光路ずれの説明図である。これらの図48、図49の±1次回折光の光路をそれぞれ読み取ると、チルト誤差が多少加わっても放射状回折格子スケール31による再回折位置及び射出光束の状態において、±1次回折光の光束間に差が生ずることはないので、干渉状態は安定している。なお、図48、図49では受光素子16上への入射光束が受光素子16の面からずれているが、0.5mmのずれは計算結果を分かり易くするための量であり、図46、図47の場合と同様に実際のエンコーダではずれ量は更に少ない。

#### 【0097】

図50、図51は放射状回折格子スケール31と検出ヘッド部の設置角度を、格子配列方位を軸にしてチルト誤差 $\Delta\theta_y = 0.5^\circ$ だけ与えた場合の光路ずれの説明図である。図50、図51の±1次回折光の光路をそれぞれ読み取ると、チルト誤差が多少加わっても放射状回折格子スケール31による再回折位置及び射出光束の状態において、±1次回折光の光束間に差が生ずることはないので、干渉状態は安定しており、受光素子16の入射位置自体も殆ど変化することはない。

#### 【0098】

このように、反射型で円環状反射格子14と線状照射を組み合わせることによって、小型性かつ高分解能で、取付誤差に寛容な性能及び安定した干渉信号の検

出とを両立させることができる。

【0099】

図52は第15の実施の形態のエンコーダの斜視図を示し、偏光素子を有する位相差信号発生光学系を追加して2相の信号を検出している。なお、リニア型での回折格子スケール15を放射状回折格子スケール31に変えることによって、ロータリエンコーダとすることも可能である。

【0100】

可干渉光源である半導体レーザー光源11の光路上に、コリメータレンズ12、非偏光ビームスプリッタ13、シリンドリカルレンズ33、円環状反射格子14、偏光方位を互いに90度ずらした2個の偏光板20S、20P、回折格子スケール15が配列されている。非偏光ビームスプリッタ13の反射方向には1/4波長板21、非偏光ビームスプリッタ22が配列され、非偏光ビームスプリッタ22の反射方向に偏光板23a、受光素子16aが配置され、透過方向に偏光板23b、受光素子16bが配置されている。

【0101】

このような構成により、半導体レーザー光源11からの光束はコリメータレンズ12、非偏光ビームスプリッタ13を透過した後に、シリンドリカルレンズ33、円環状反射格子14の中央の透過窓部を通って回折格子スケール15に略垂直に方向から照射される。先ず、回折格子スケール15から反射された+1次回折光は回折角 $\theta$ で射出し、上方に配置された円環状反射格子14により元の光路に回折反射され、更に回折格子スケール15によって+1次回折されて非偏光ビームスプリッタ13まで戻される。

【0102】

一方の反射された-1次回折光は回折角 $\theta$ で反対方向に射出し、上方に配置された円環状反射格子14により元の光路に回折反射され、更に回折格子スケール15により-1次回折されて非偏光ビームスプリッタ13まで戻される。

【0103】

ここで、半導体レーザー光源11から回折格子スケール15に照射された光束は垂直及び水平方向の偏光成分を含んでおり、従って非偏光ビームスプリッタ1

3に伝播される±1次回折光は、互いに偏光方位が90度ずれて波面が重なり合っているが、明暗光束にはなっていない。

#### 【0104】

この結果、非偏光ビームスプリッタ13により反射された両光束は1/4波長板21を透過し、2光束間の位相差に基づいて偏光方位が変化する直線偏光光束に変換され、後段の非偏光ビームスプリッタ22により2分割され、それぞれが偏光板23a、23bによって特定の偏光方位のみが抽出されて明暗信号が得られる。これらそれぞれの明暗信号の位相（タイミング）は、偏光板23a、23bの偏光方位のずれで与えられる。即ち、偏光板23aと偏光板23bの偏光方位を互いに45度ずらすことによって、明暗信号の位相差は90度に設定される

#### 【0105】

図53は第16の実施の形態を示し、線状に集光して光束を照射する光学手段としてリニア回折レンズ（リニア型フレネルゾーンプレート）34が使用されている。即ち、リニア回折レンズ34では円環状反射格子14の中央の透過窓部にリニア回折レンズ32が一体的に形成されている。このリニア回折レンズ34は中心付近の格子ピッチと周辺部の格子ピッチが連続的に変化するようにパターンニングされており、位相差信号を発生するために結晶光学素子を配置して2相の信号を検出し、シリンドリカルレンズ33の作用を有している。

#### 【0106】

図54は第17の実施の形態を示し、円環状反射格子14の代りに円環状透過格子36が採用され、円環状透過格子36の直後に設けられた反射面37により往復回折して、回折格子スケール15上に再照射する構成とされている。なお、円環状透過格子36のピッチは回折格子スケール15のピッチと同じに設定されている。

#### 【0107】

可干渉光源である半導体レーザー光源11の光路上に、コリメータレンズ12、非偏光ビームスプリッタ13、シリンドリカルレンズ33、直後に反射面37を有する環状透過格子36、偏光方位を互いに90度ずらした位置にある2個の

偏光板20S、20P、回折格子スケール15が配列されている。

【0108】

このような構成により、半導体レーザー光源11からの光束はコリメータレンズ12、非偏光ビームスプリッタ13、円環状透過格子36の中央窓部を透過した後に、シリンドリカルレンズ33を介して回折格子スケール15に略垂直方向から照射されている。先ず、回折格子スケール15から反射された+1次回折光は回折角 $\theta$ で射出され、上方に配置した円環状透過格子36により回折した直後の反射面37において元の光路に戻され、再び円環状透過格子36により回折偏向し、更に回折格子スケール15において+1次回折して非偏光ビームスプリッタ13まで戻される。

【0109】

一方の反射された-1次回折光は回折角 $\theta$ で反対方向に射出され、上方に配置された円環状透過格子36により回折した直後に反射面37において元の光路に戻され、再び円環状透過格子36により回折偏向し、更に回折格子スケール15により-1次回折して非偏光ビームスプリッタ13まで戻される。

【0110】

半導体レーザー光源11から回折格子スケール15に照射された光束の偏光成分は、偏光板20S、20Pの光学軸に対して45°の関係に設定されているために、非偏光ビームスプリッタ13に伝播される±1次回折光は、互いに直交した偏光面の直線偏光光束となっているおり、1/4波長板21を透過して両者をベクトル合成すると、2光束間の位相差に基づいて偏光方位が変化する直線偏光光束に変換される。従って、非偏光ビームスプリッタ22において2分割された光束のそれぞれを、偏光板23a、23bにより特定の偏光方位のみを抽出することによって明暗信号が得られる。これらの明暗信号それぞれの位相（タイミング）は、偏光板23a、23bの偏光方位のずれで与えられるので、偏光板23aと偏光板23bを互いに偏光方位を45度ずらすことによって、明暗信号の位相差は90°に設定される。

【0111】

図52～図54において、位相差信号を得るために偏光板20S、20P、2

3 a、23 bの代りに位相差板を挿入する方法も用いることができる。更に、図50においてこれらの偏光状態変換素子を円環状透過格子37と反射面37の間に挿入してもよい。

【0112】

また、上述の実施の形態においては、次の項目に関して部分変更の置き換えが可能である。

【0113】

(a) 回折格子スケール15及び放射状回折格子スケール31又は円環状反射格子14において、±1次回折光以外の回折次数の回折光を使用する。

【0114】

(b) 偏光板20S、20P、23a、23bをこれと同等な機能を有する他の素子である偏光膜付きプリズムや微細格子パターンとする。

【0115】

(c) 位相差板即ち1/4波長板21や1/8波長板を水晶等の結晶光学素子と同等な機能を有する微細構造パターンや他の異方性材料とする。

【0116】

(d) 位相差信号を2相以上として位相差を90度以外に設定し、更に偏光素子や位相差板の配置を一部変更して同等な効果を得る。

【0117】

(e) 回折格子スケール15に投光する光束と再回折された光束を、受光素子16に導くために非偏光ビームスプリッタ13、22を使用しているが、回折格子等の他のビーム分割合成手段を使用したり、往路と復路の光路を空間的にずらすことにより分離したり、更に一方の光束のみを選択反射して受光素子16の側に導いてもよい。

【0118】

(f) コリメータレンズ12、非偏光ビームスプリッタ13、レンズ30、円環状反射格子14の配列順序を変えたりして、他の光学配置を採用して回折格子スケール15上に線状に集光する関係を満足させる。

【0119】

(g) シリンドリカルレンズ33を同等な機能を有する光学素子に変更する。

【0120】

(h) シリンドリカルレンズ33と円環状反射格子14又は円環状透過格子36を一体化する。例えば、シリンドリカルレンズ33の平面側に円環状反射格子14を形成する。

【0121】

(i) シリンドリカルレンズ33の機能とコリメータレンズ12の機能をトーリックレンズやホログラムレンズにより代替する。

【0122】

以上の各実施の形態では、円環状反射格子としては例えばガラスエッティング等により加工されたガラス板の裏面に反射膜を蒸着した素子が利用できるので、耐環境性が良好である。

【0123】

【発明の効果】

以上説明したように本発明による格子干渉型光学式エンコーダは、回折格子スケール又は円環状回折格子への照射状態を最適化することによって、次に列挙する効果が得られる。

【0124】

(1) 例えば、平面状の光学素子を使用するために、キャットアイのように配置空間が複雑にならずかつ小型化に向いている。

【0125】

(2) 光源の波長変動に対して補正が働くので干渉信号が安定する。

【0126】

(3) アライメント誤差に対して補正が働くために、回折格子スケールと検出ヘッドを分離したエンコーダでも取り付けが比較的容易になる。

【0127】

(4) 再帰光学素子が小型でかつ部品点数が少ないために、光束照射手段に更に偏向手段を付加することによって、回折格子スケールへの照射方法や向きに自由度が高くなり、広範な適用姿勢が得られる。

【0128】

(5) 回折光同士の干渉波面が相互に一致し易くなり、フラットな明暗パターンが得られ、S/N比の良好な安定したエンコーダ信号を得ることができる。

【0129】

(6) 再帰光学素子が小型でかつ部品点数が少ないために、光束照射手段に更に偏向手段を付加することによって、回折格子スケールへの照射方法や向きに自由度が高くなり、広範な適用姿勢が得られる。

【0130】

(7) 再回折した回折光がそれ程広がらずに、受光素子に導かれるようにできるために、損失が少なくS/N比の良好な検出を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

第1の実施の形態のエンコーダの構成図である。

【図2】

光源波長変化の影響の説明図である。

【図3】

スケールと検出ヘッドのギャップ変化の説明図である。

【図4】

スケールと検出ヘッドのアジマス角度変化の影響の説明図である。

【図5】

スケールと検出ヘッドのチルト角度変化の影響の説明図である。

【図6】

スケールと検出ヘッドのチルト角度変化の影響の説明図である。

【図7】

第2の実施の形態のエンコーダの構成図である。

【図8】

第3の実施の形態のエンコーダの構成図である。

【図9】

第4の実施の形態のエンコーダの構成図である。

【図10】

第5の実施の形態のエンコーダの構成図である。

【図11】

光束追跡結果の説明図である。

【図12】

光束追跡結果の説明図である。

【図13】

第6の実施の形態のエンコーダの構成図である。

【図14】

光束追跡結果の説明図である。

【図15】

光束追跡結果の説明図である。

【図16】

光束波長変化の影響の説明図である。

【図17】

スケールと検出ヘッドのギャップ変化の影響の説明図である。

【図18】

スケールと検出ヘッドのギャップ変化の影響の説明図である。

【図19】

スケールと検出ヘッドのギャップ変化の影響の説明図である。

【図20】

スケールと検出ヘッドのチルト角度変化の影響の説明図である。

【図21】

スケールと検出ヘッドのチルト角度変化の影響の説明図である。

【図22】

スケールと検出ヘッドのチルト角度変化の影響の説明図である。

【図23】

スケールと検出ヘッドのチルト角度変化の影響の説明図である。

【図24】

第7の実施の形態のエンコーダの構成図である。

【図25】

第8の実施の形態のエンコーダの構成図である。

【図26】

第9の実施の形態のエンコーダの構成図である。

【図27】

本発明の第10の実施の形態の光学構成図である。

【図28】

光束追跡結果の説明図である。

【図29】

光束追跡結果の説明図である。

【図30】

光源波長変化の影響の説明図である。

【図31】

スケールと検出ヘッドのギャップの変化の影響の説明図である。

【図32】

スケールと検出ヘッドのギャップの変化の影響の説明図である。

【図33】

スケールと検出ヘッドのギャップの変化の影響の説明図である。

【図34】

スケールと検出ヘッドのチルト角度変化の影響の説明図である。

【図35】

スケールと検出ヘッドのチルト角度変化の影響の説明図である。

【図36】

スケールと検出ヘッドのチルト角度変化の影響の説明図である。

【図37】

スケールと検出ヘッドのチルト角度変化の影響の説明図である。

【図38】

第11の実施の形態の構成図である。

【図39】

第12の実施の形態の光路追跡結果の説明図である。

【図40】

第13の実施の形態の光路追跡結果の説明図である。

【図41】

第14の実施の形態の説明図である。

【図42】

光束追跡結果の説明図である。

【図43】

光束追跡結果の説明図である。

【図44】

光束波長変化の影響の説明図である。

【図45】

スケールと検出ヘッドのギャップ変化の影響の説明図である。

【図46】

スケールと検出ヘッドのギャップ変化の影響の説明図である。

【図47】

スケールと検出ヘッドのギャップ変化の影響の説明図である。

【図48】

スケールと検出ヘッドのチルト角度変化の影響の説明図である。

【図49】

スケールと検出ヘッドのチルト角度変化の影響の説明図である。

【図50】

スケールと検出ヘッドのチルト角度変化の影響の説明図である。

【図51】

スケールと検出ヘッドのチルト角度変化の影響の説明図である。

【図52】

第15の実施の形態の構成図である。

【図53】

第16の実施の形態の構成図である。

【図54】

第17の実施の形態の構成図である。

【図55】

従来例のエンコーダの構成図である。

【符号の説明】

1 1 半導体レーザー光源

1 2 コリメータレンズ

1 3、2 2 ピームスプリッタ

1 4 円環状反射格子

1 5 リニア回折格子スケール

1 6 受光素子

2 0、2 3 偏光板

2 1、2 4 1/4 波長板

2 5 1/8 波長板

2 6、3 6 円環状透過格子

2 7、3 7 反射面

3 1 放射状回折格子スケール

3 2 回折レンズ

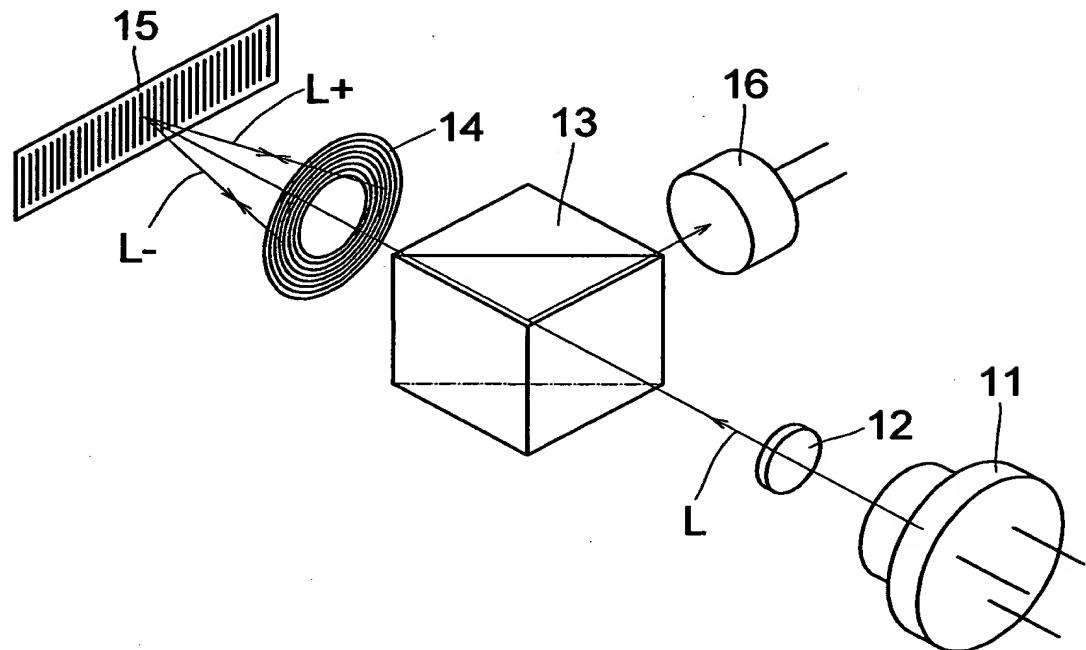
3 3 シリンドリカルレンズ

3 4 リニア回折レンズ

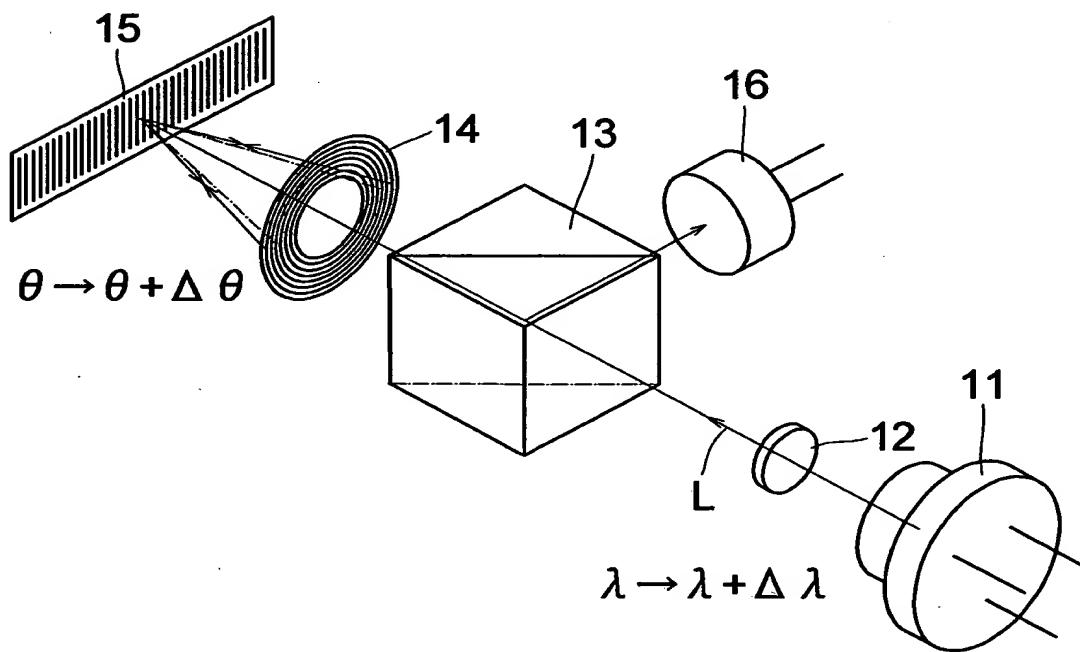
【書類名】

図面

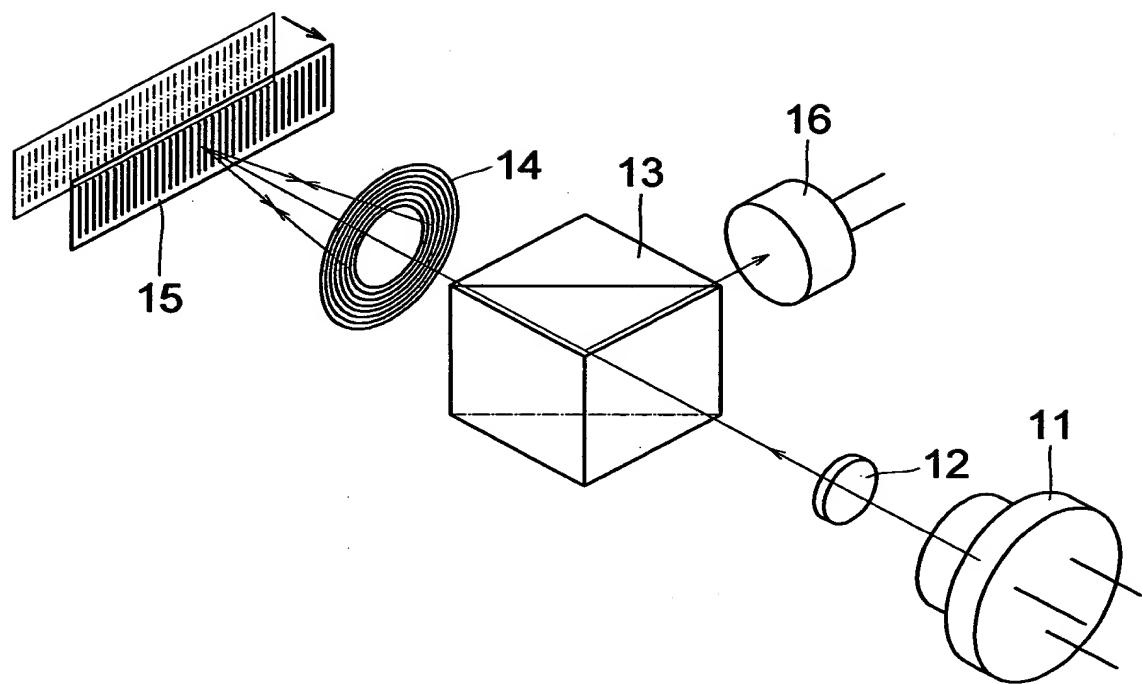
【図1】



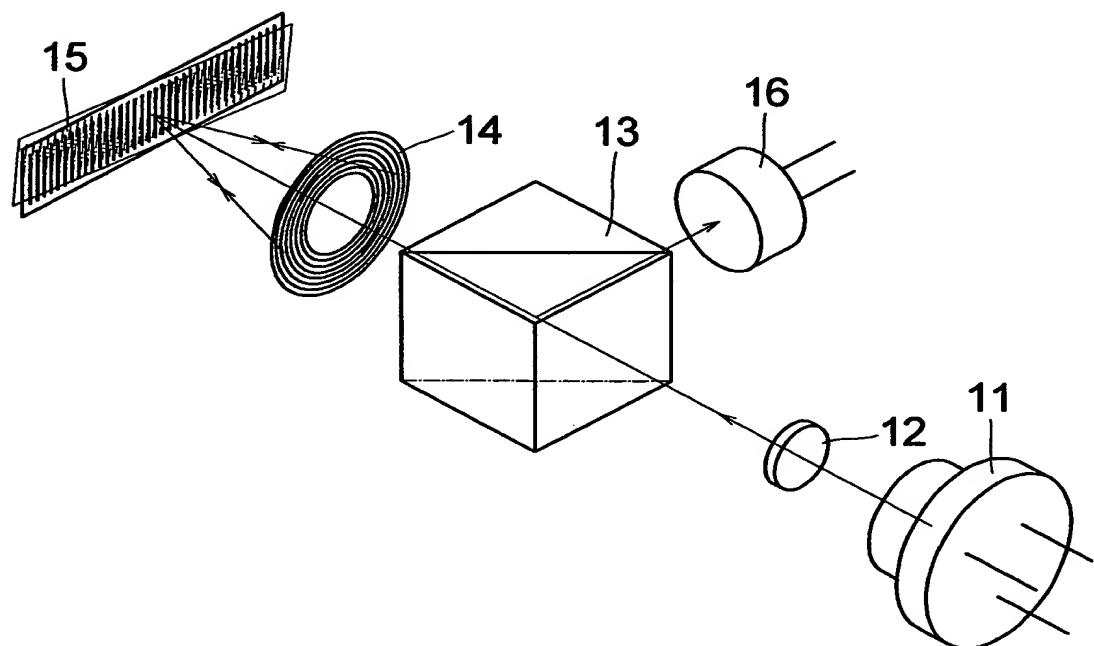
【図2】



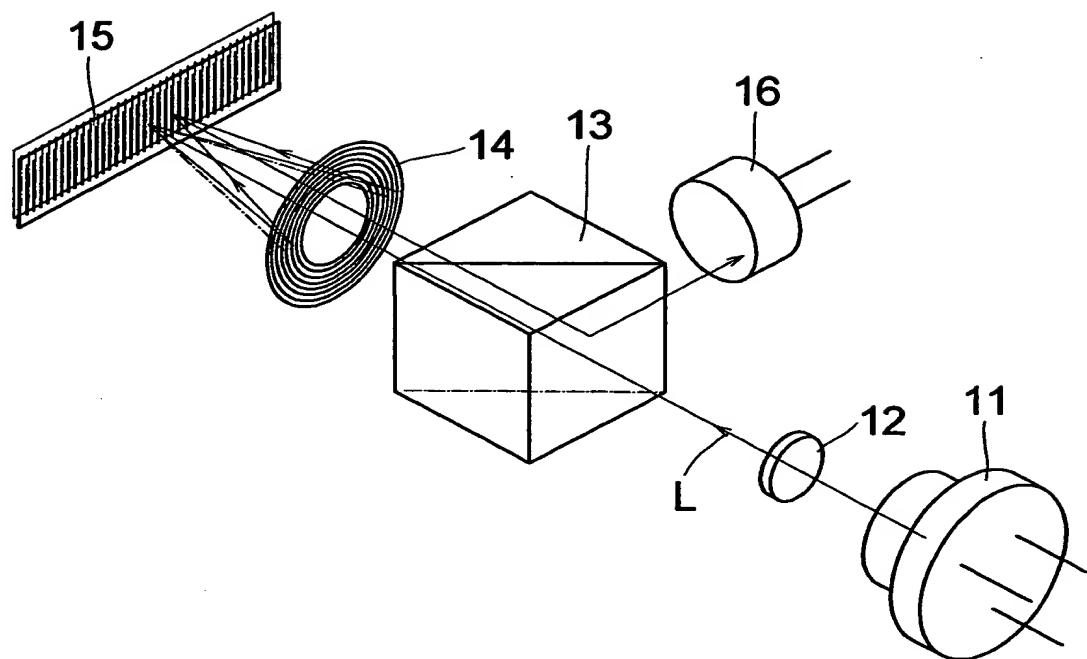
【図3】



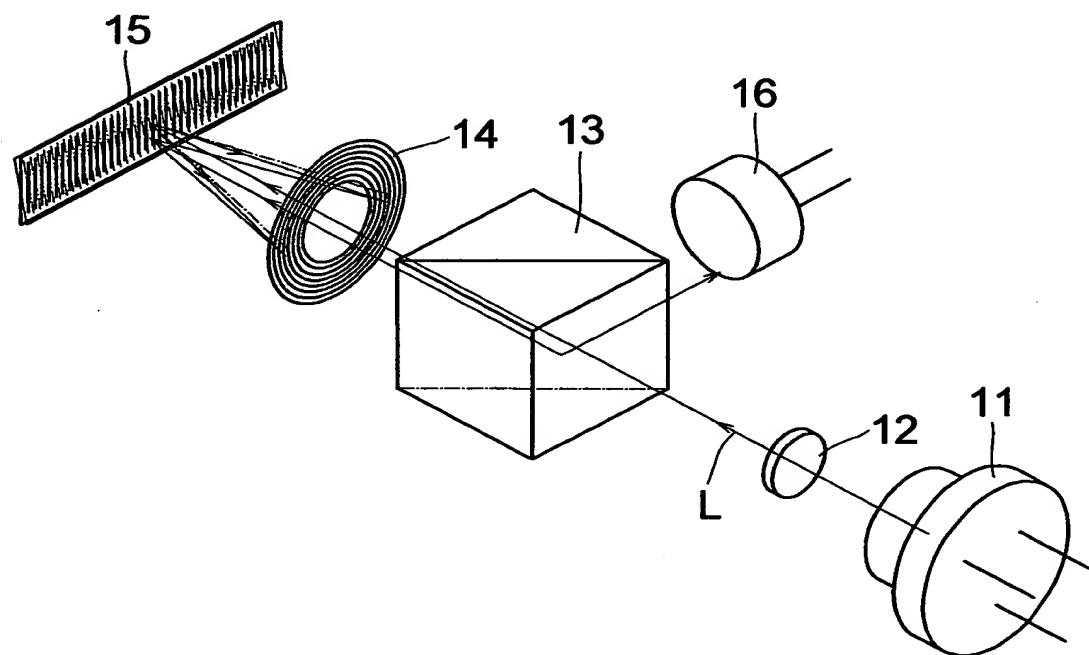
【図4】



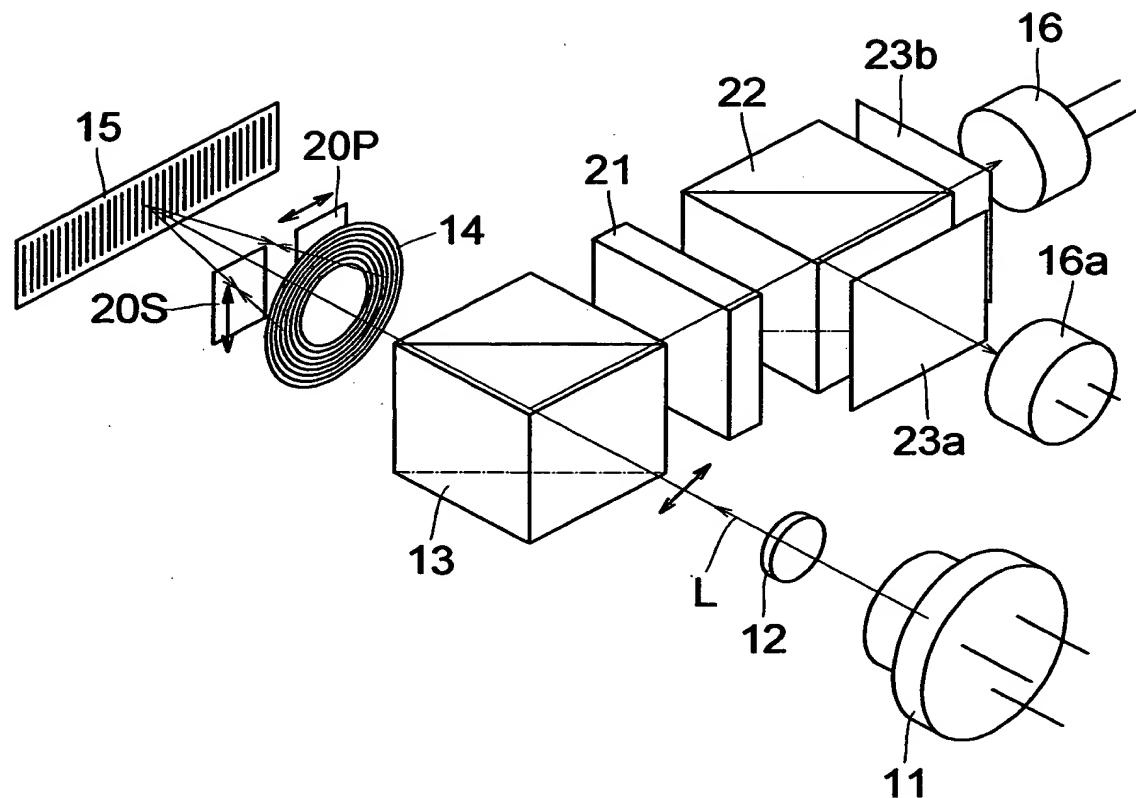
【図5】



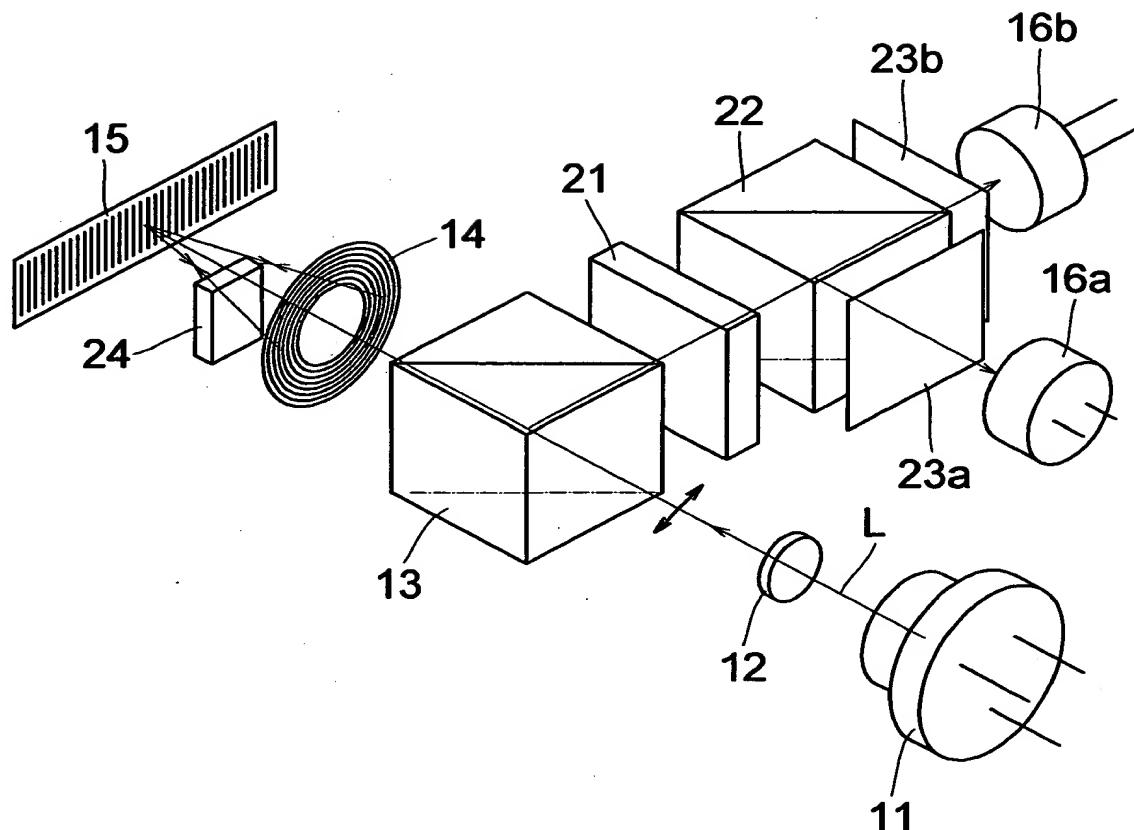
【図6】



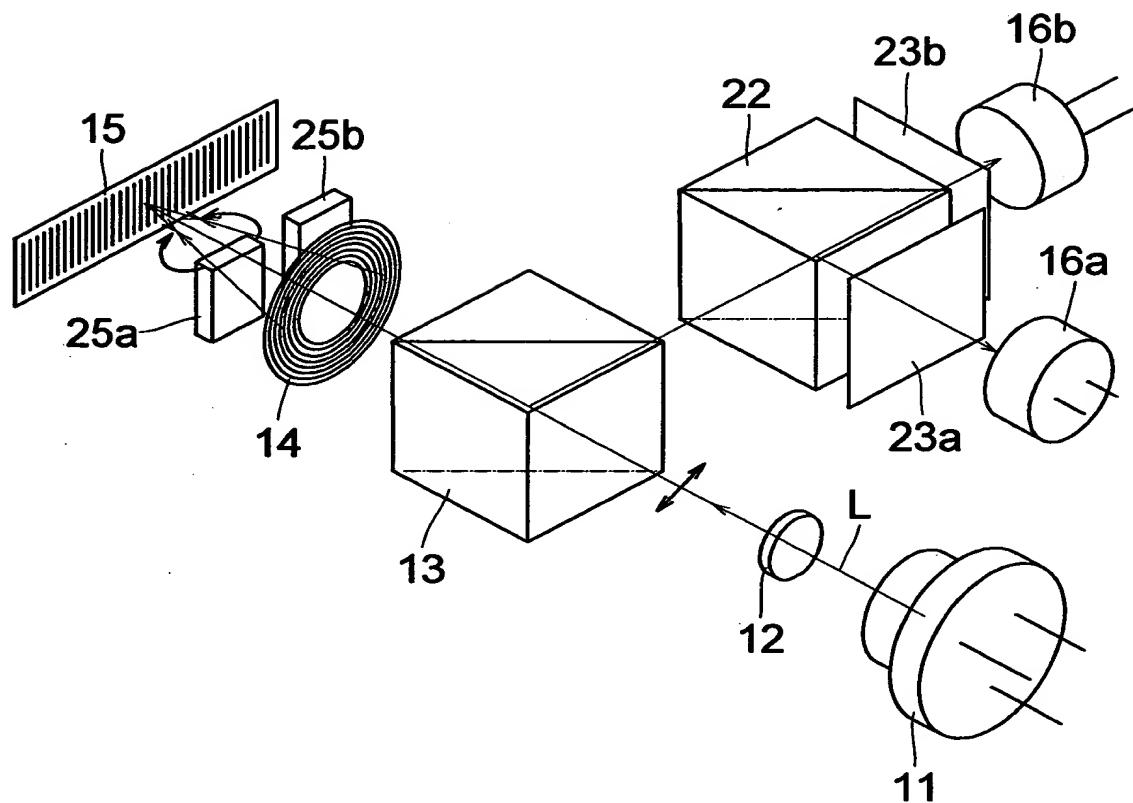
【図7】



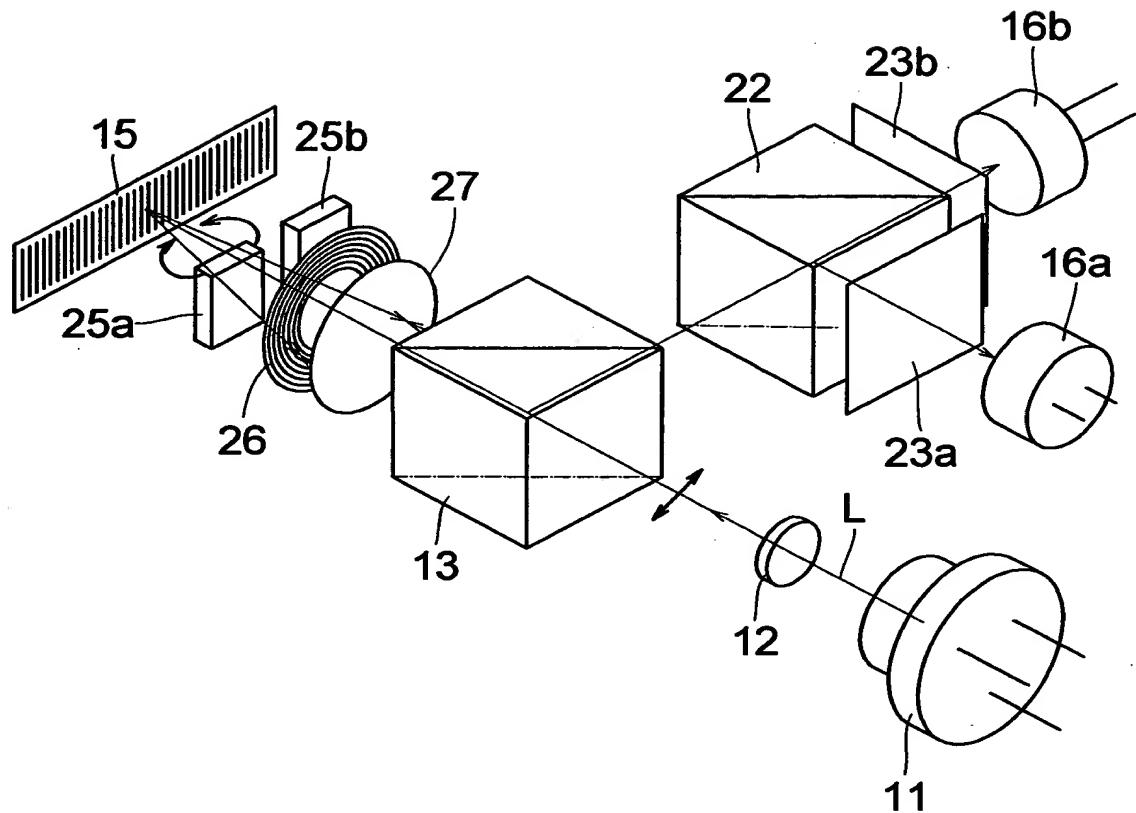
【図8】



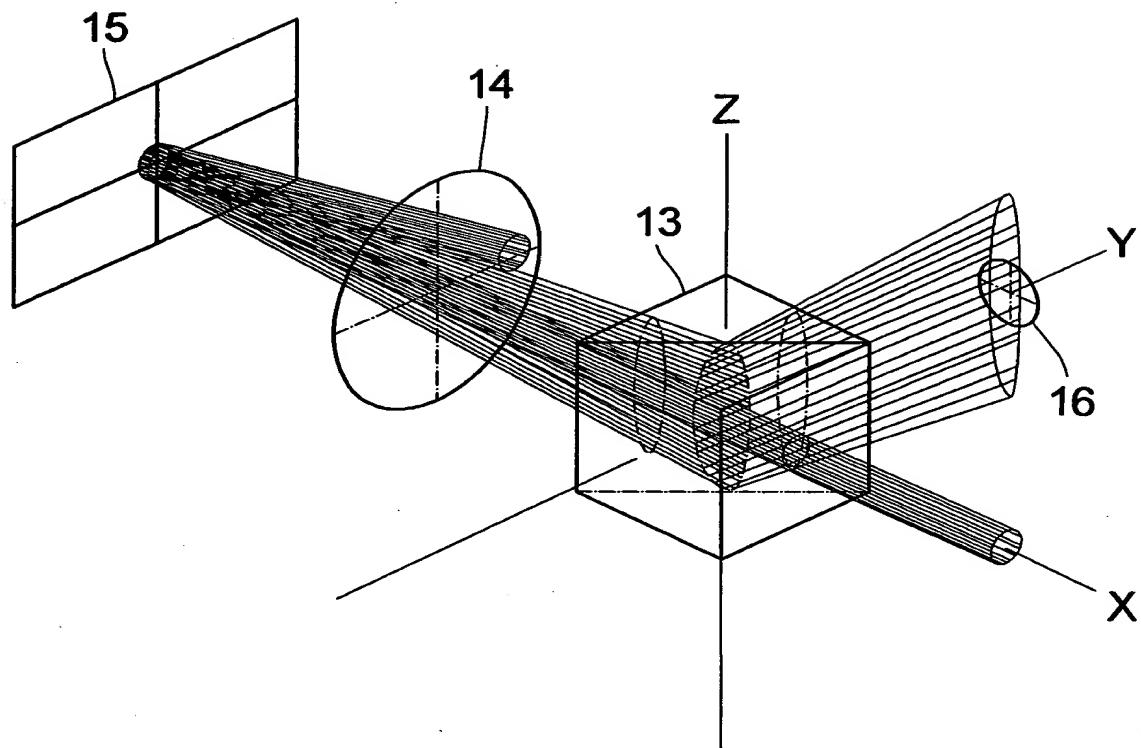
【図9】



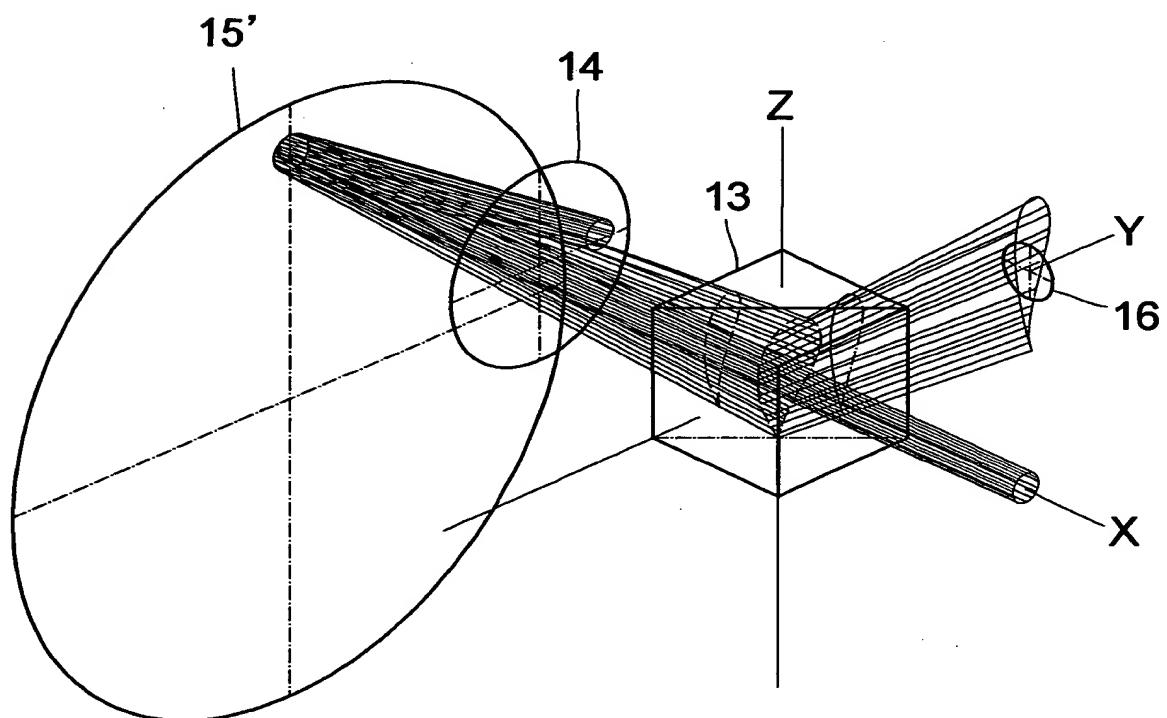
【図10】



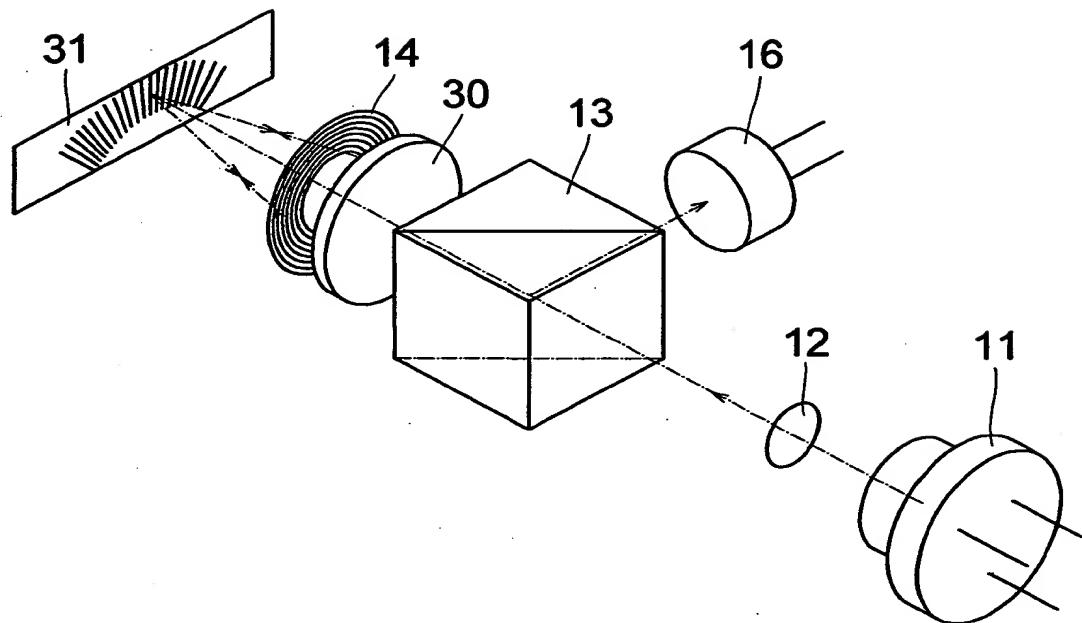
【図11】



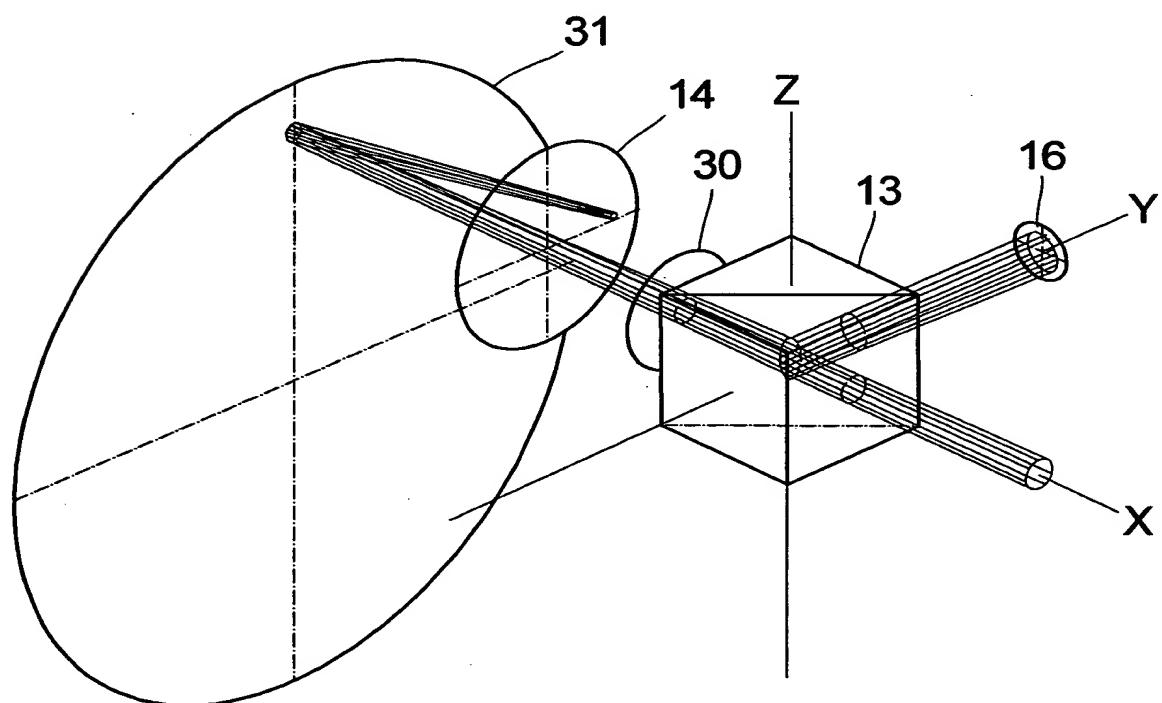
【図12】



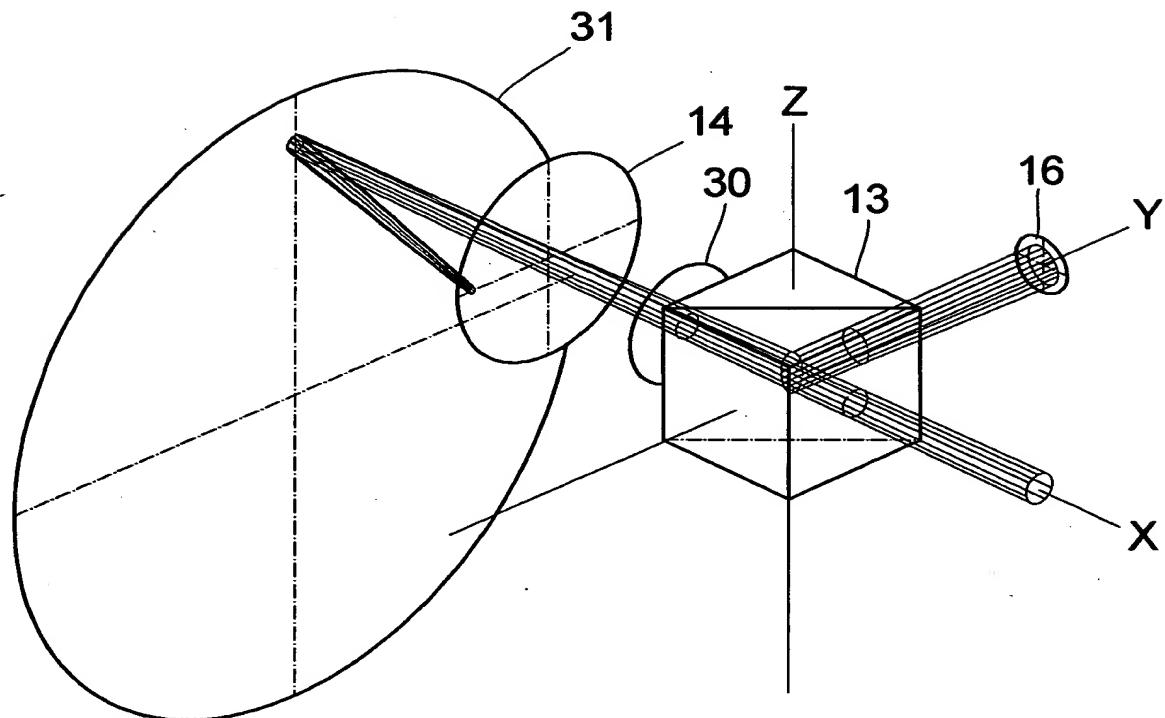
【図1.3】



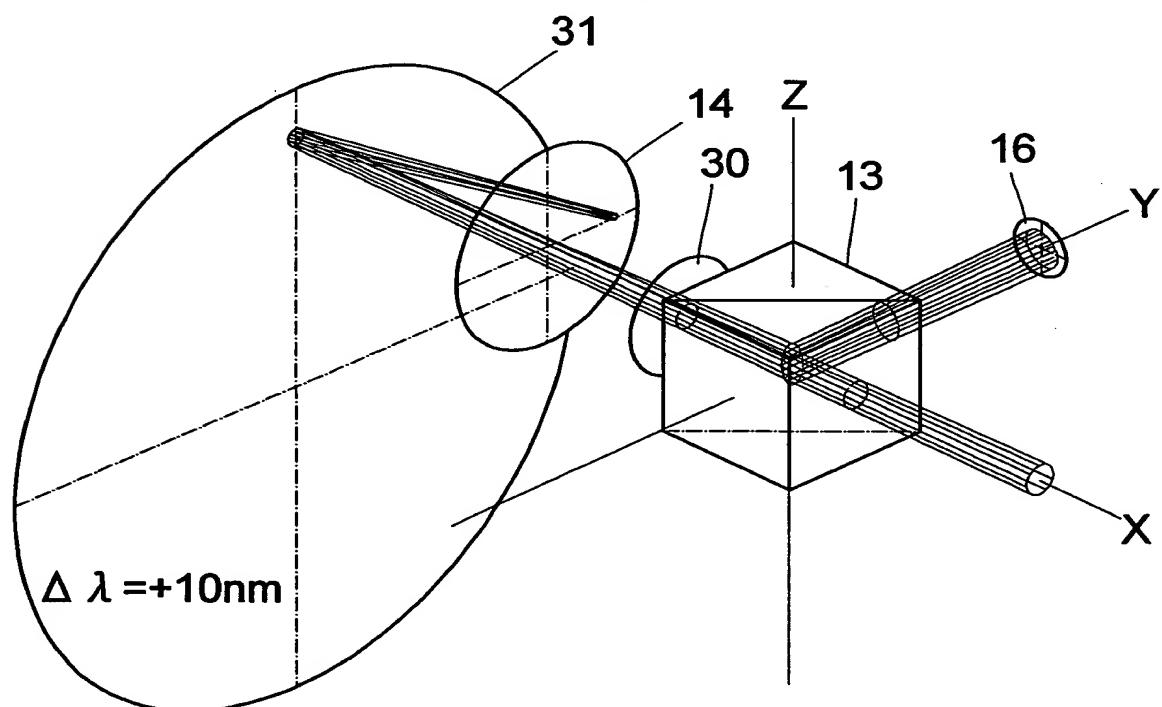
【図1.4】



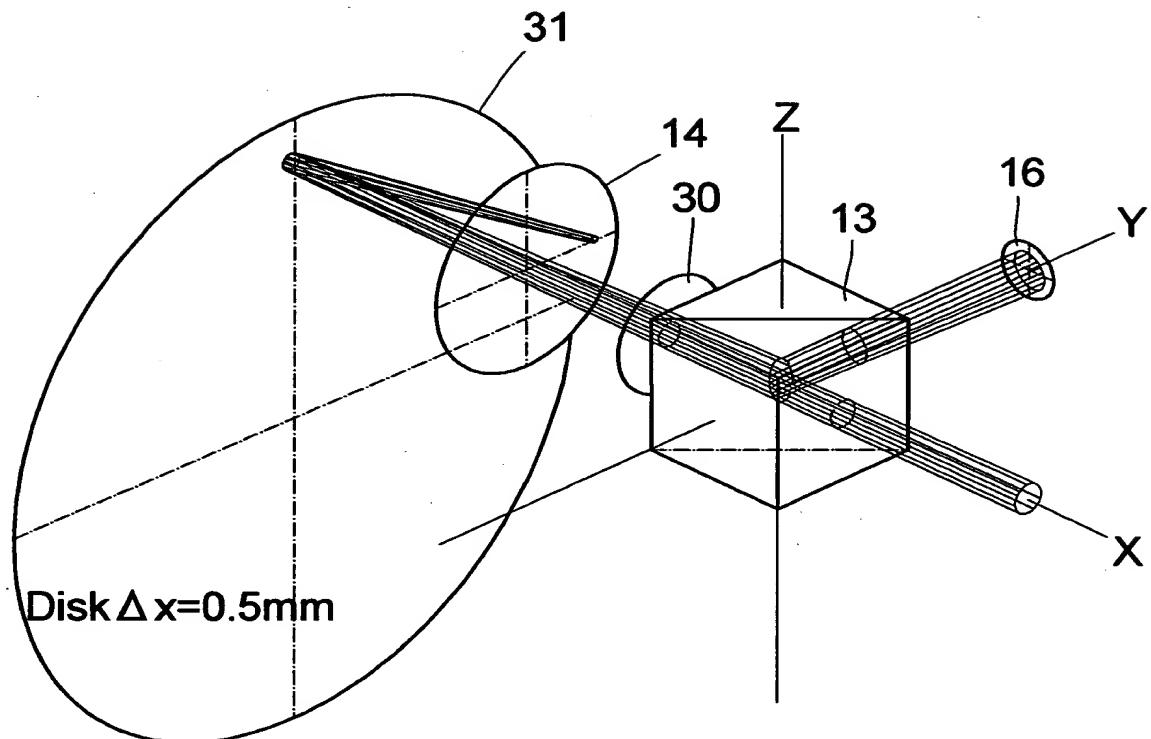
【図15】



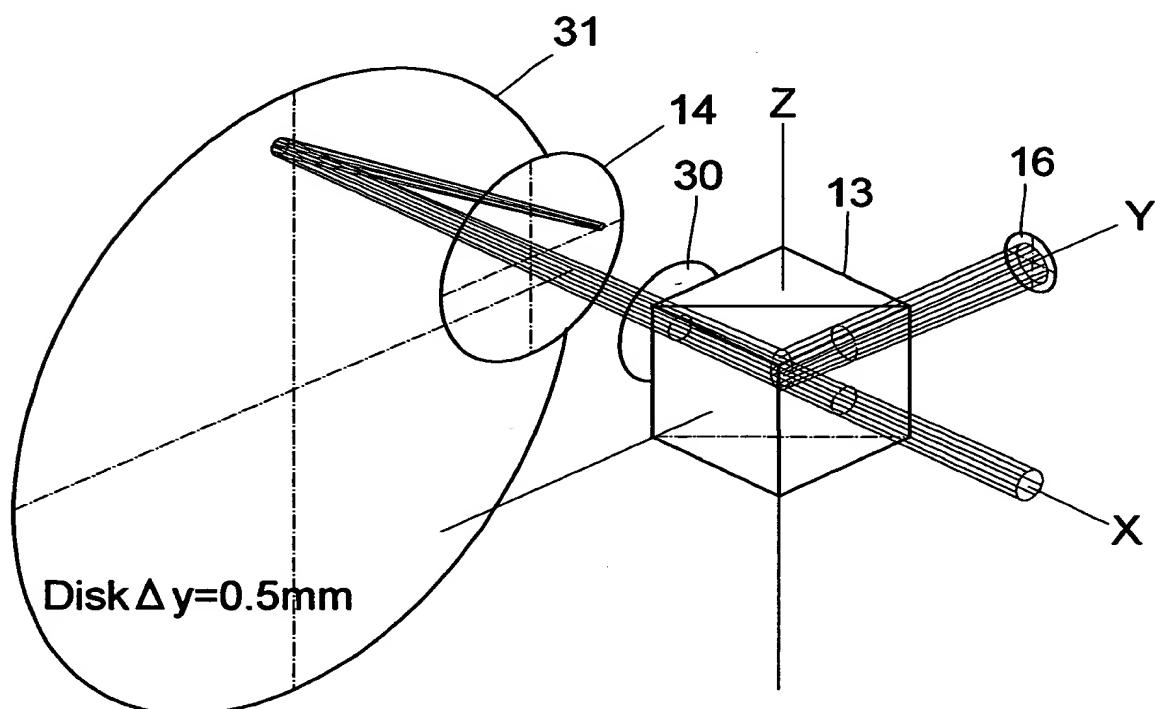
【図16】



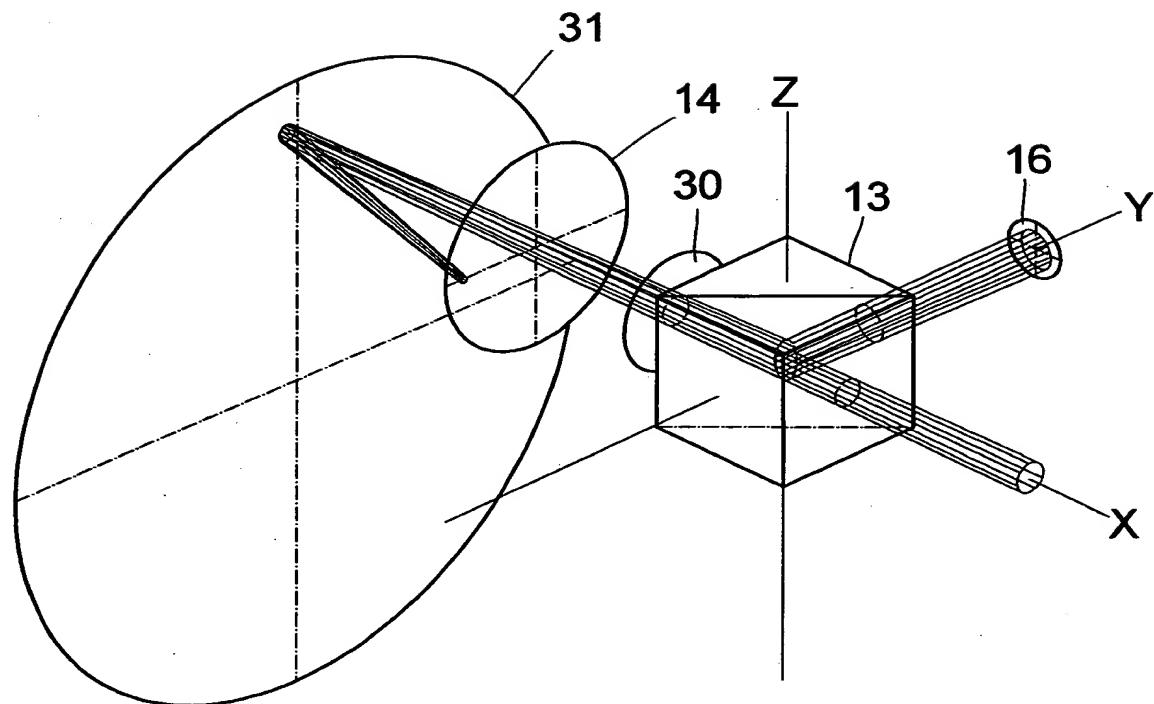
【図17】



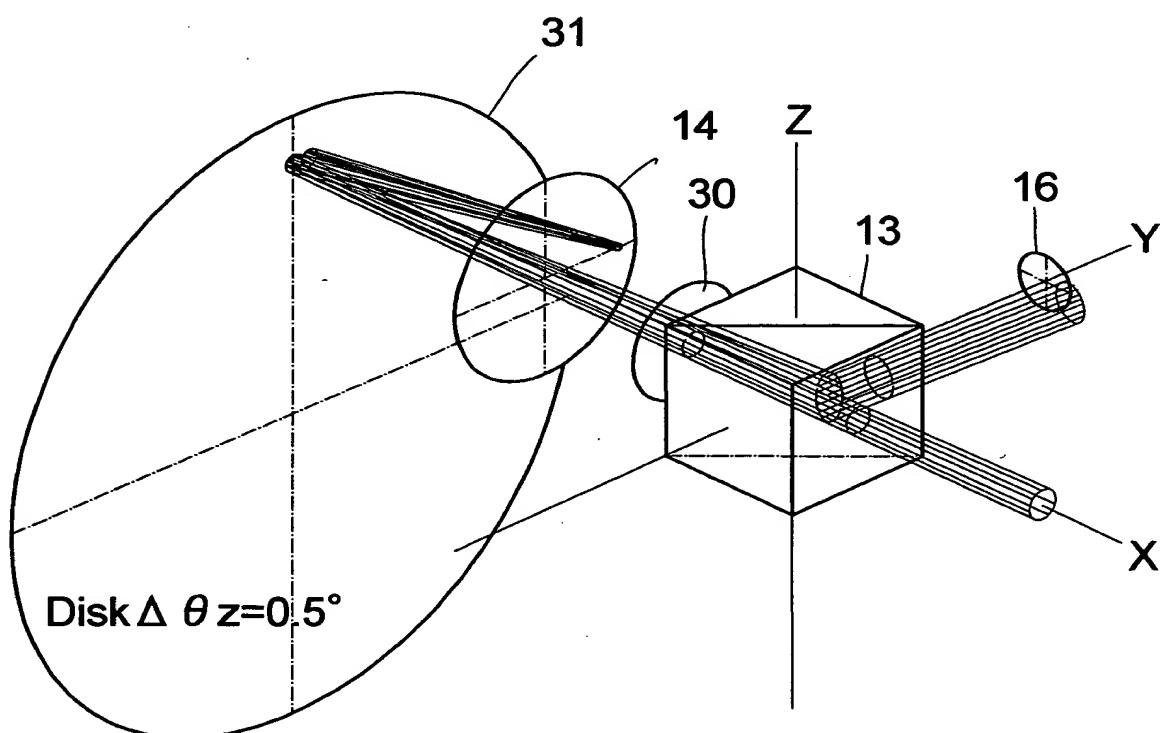
【図18】



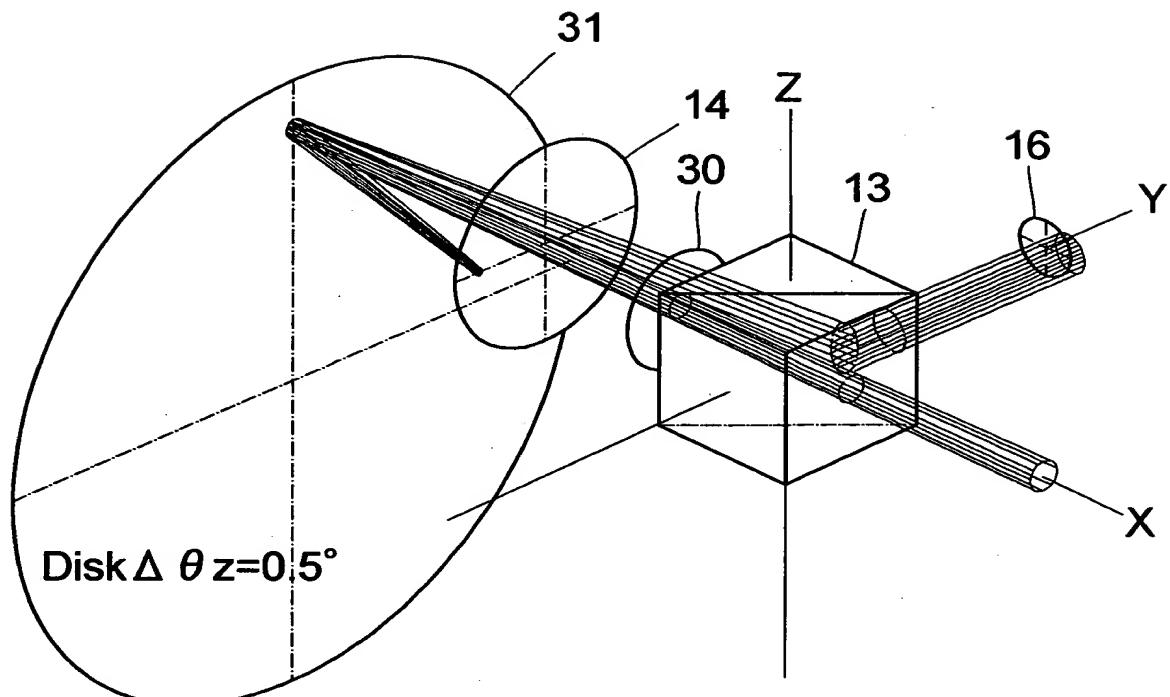
【図19】



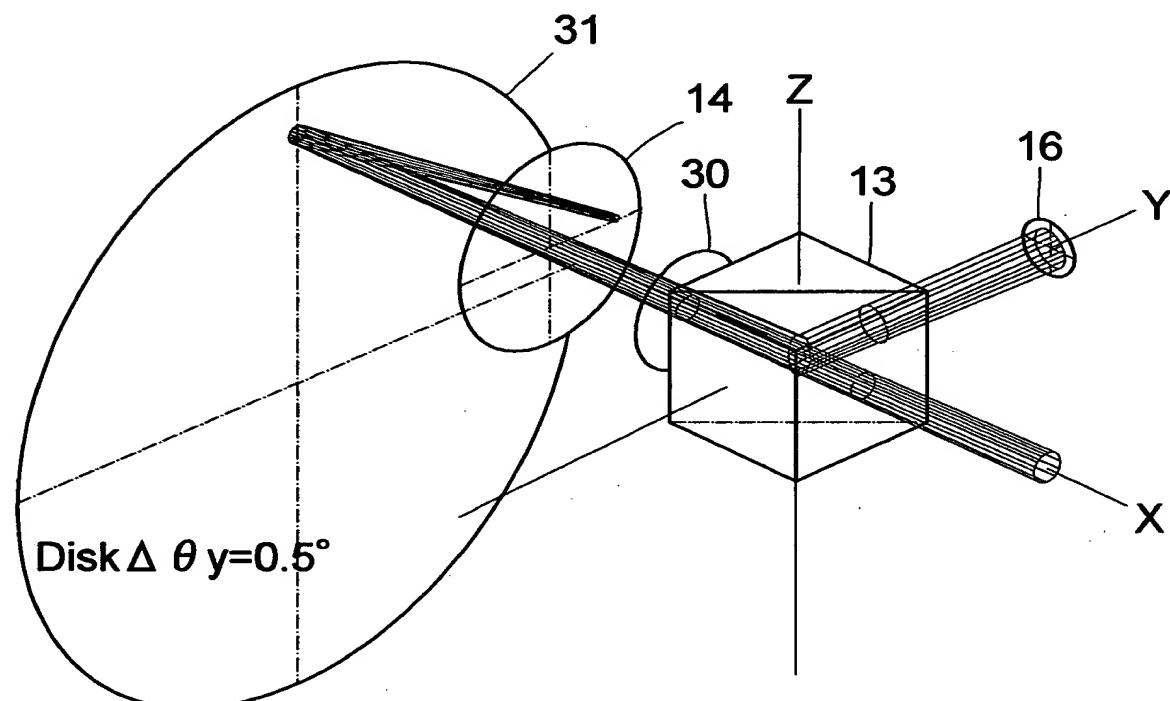
【図20】



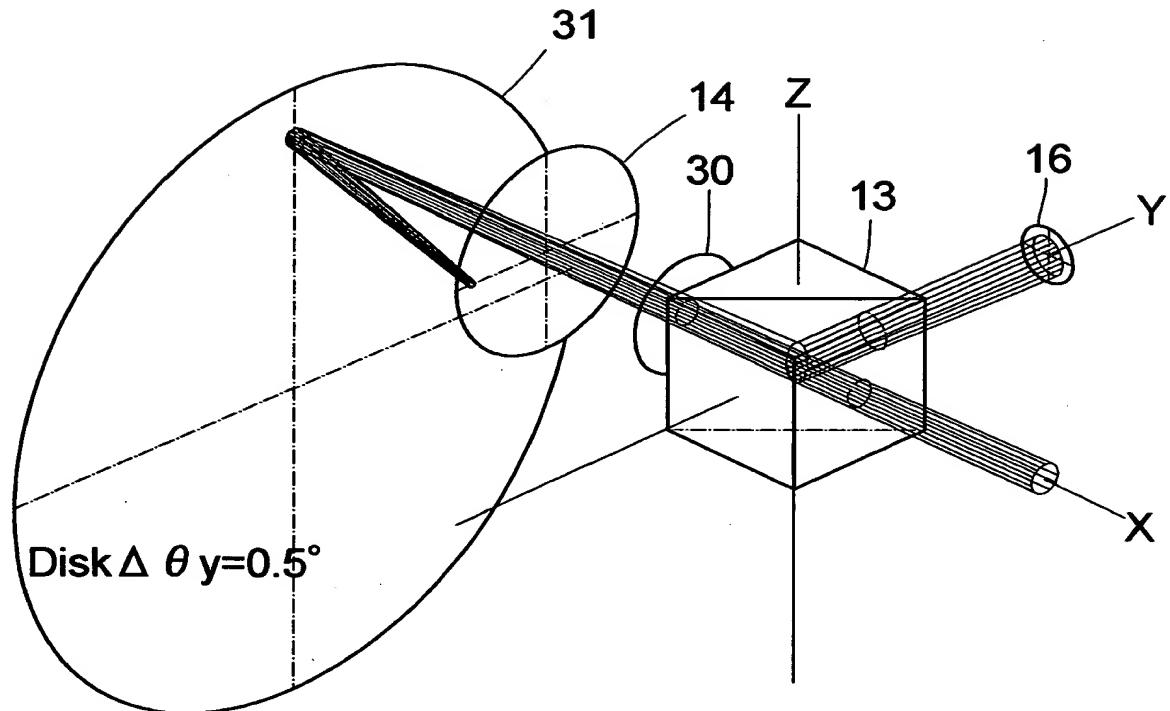
【図21】



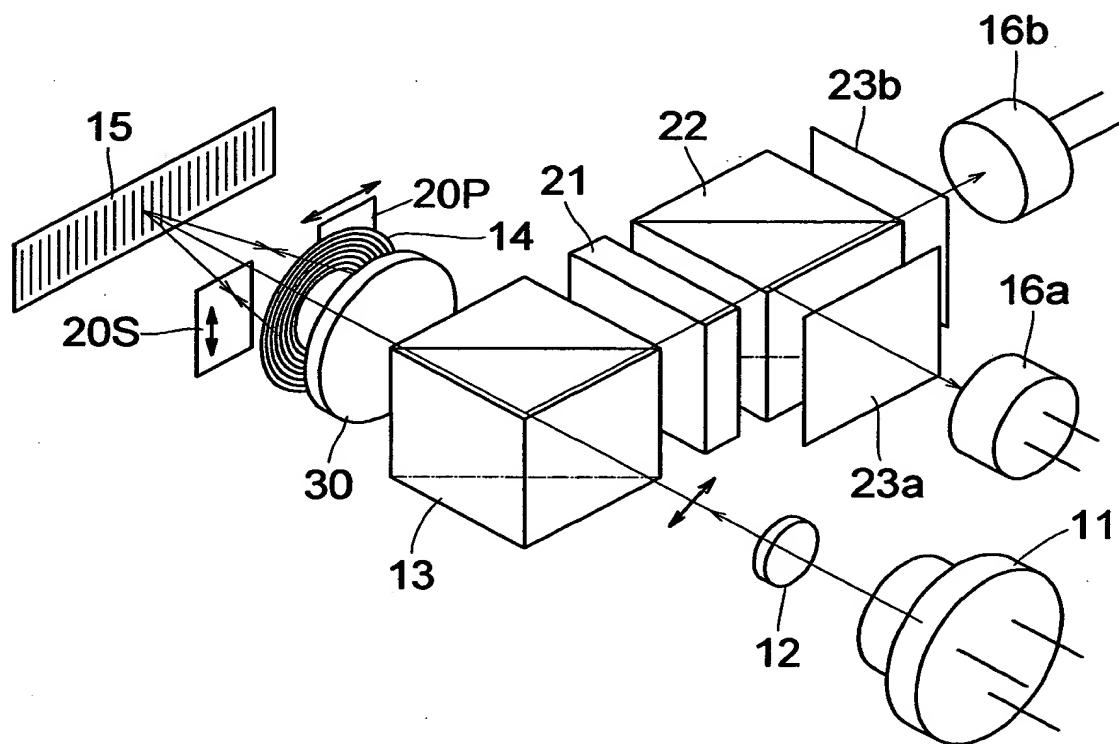
【図22】



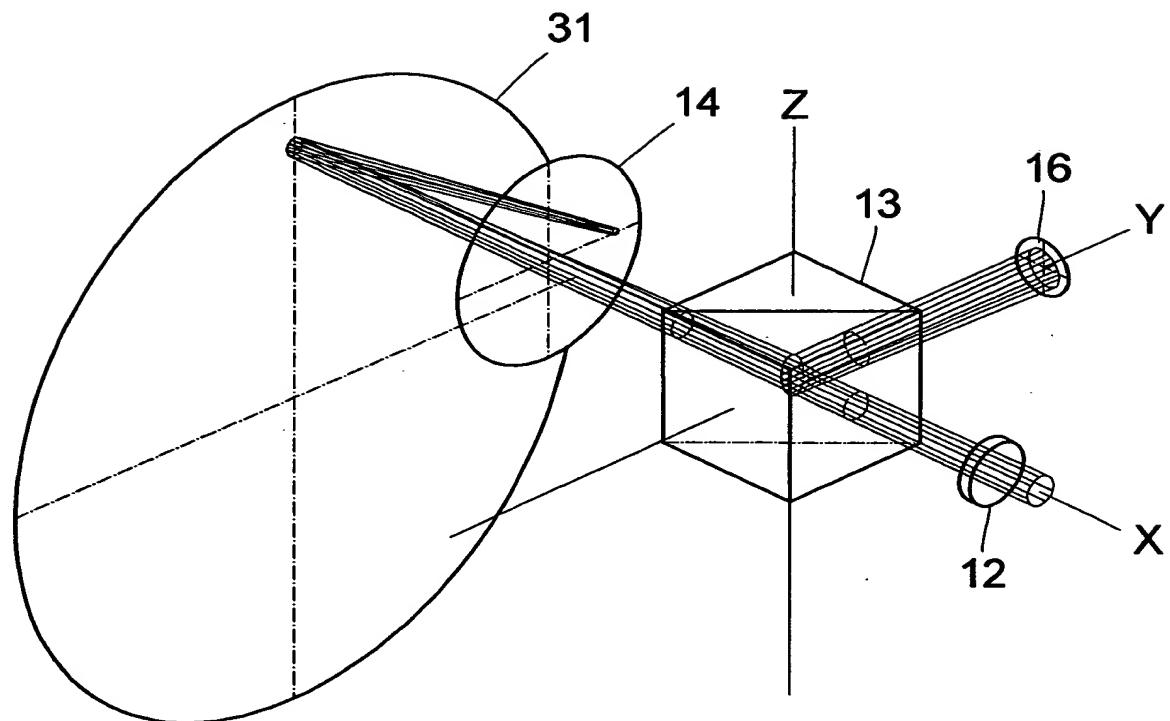
【図23】



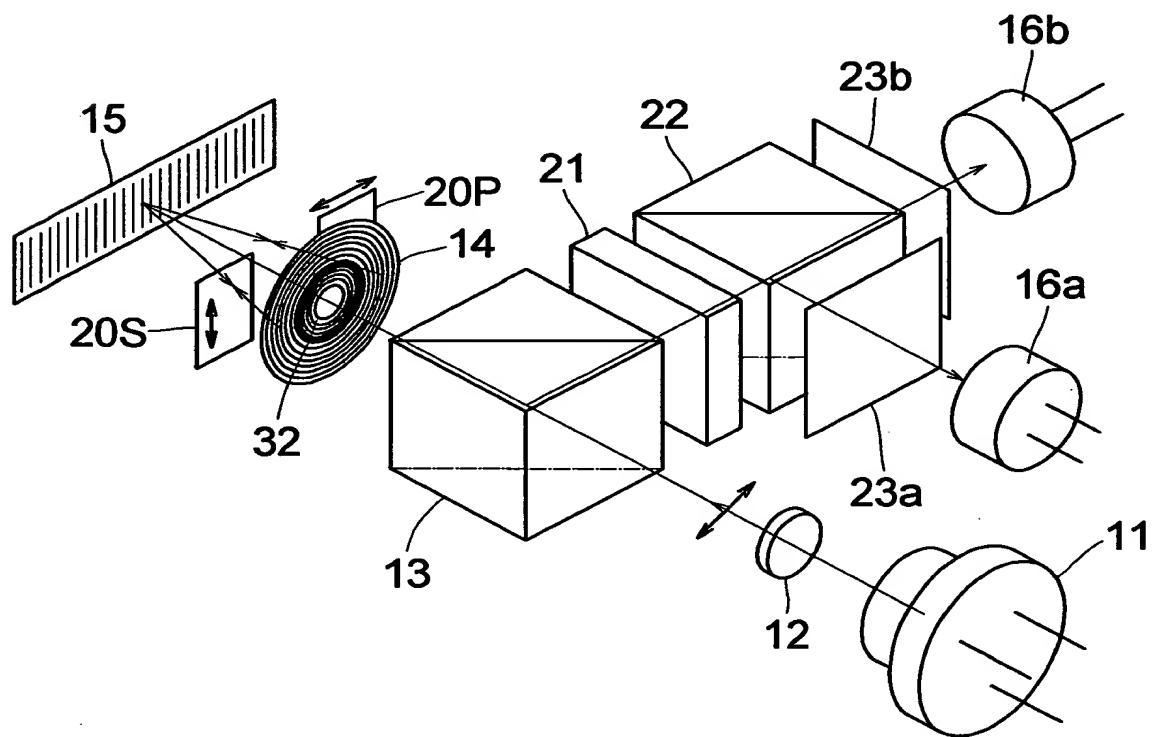
【図24】



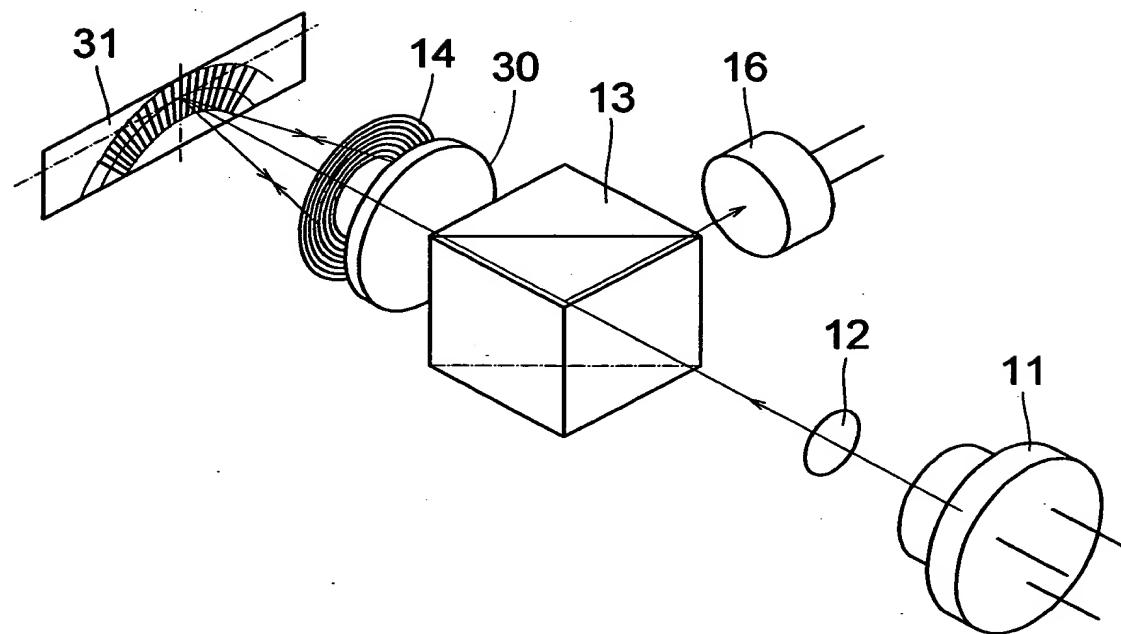
【図25】



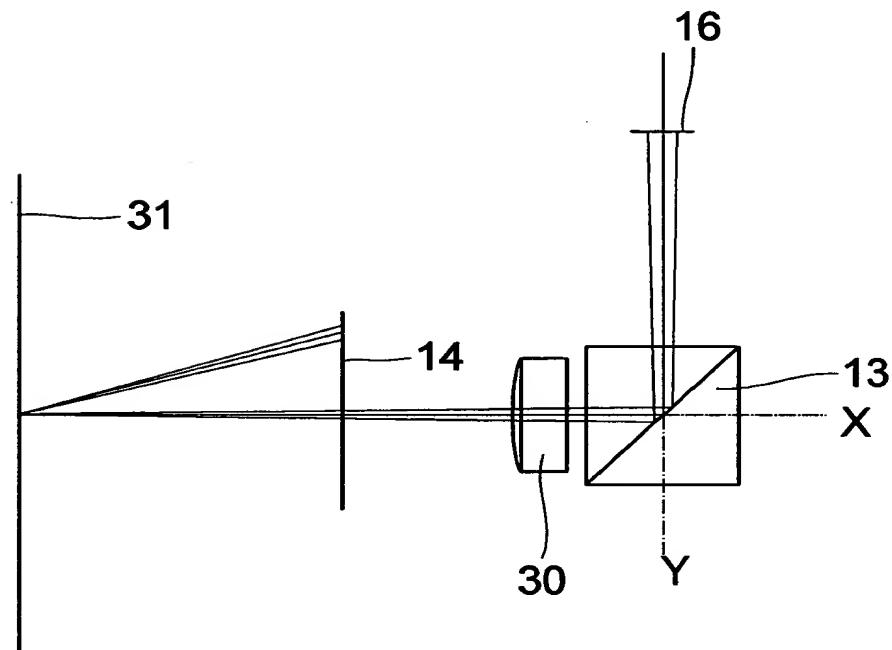
【図26】



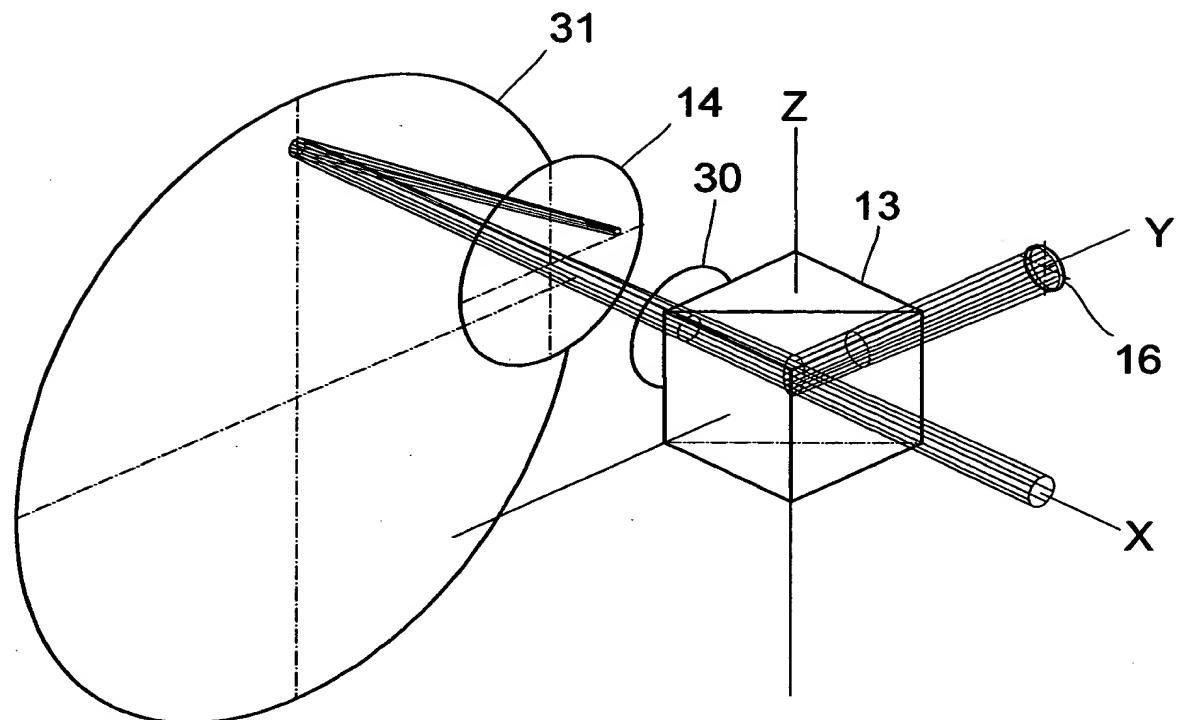
【図27】



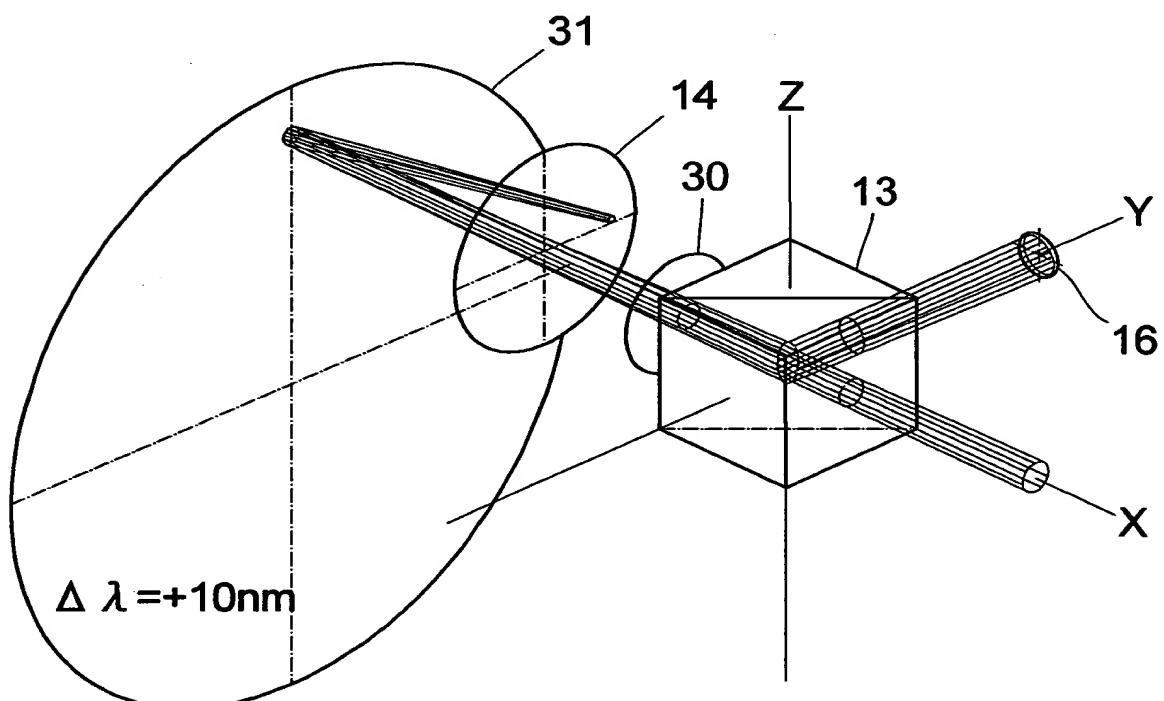
【図28】



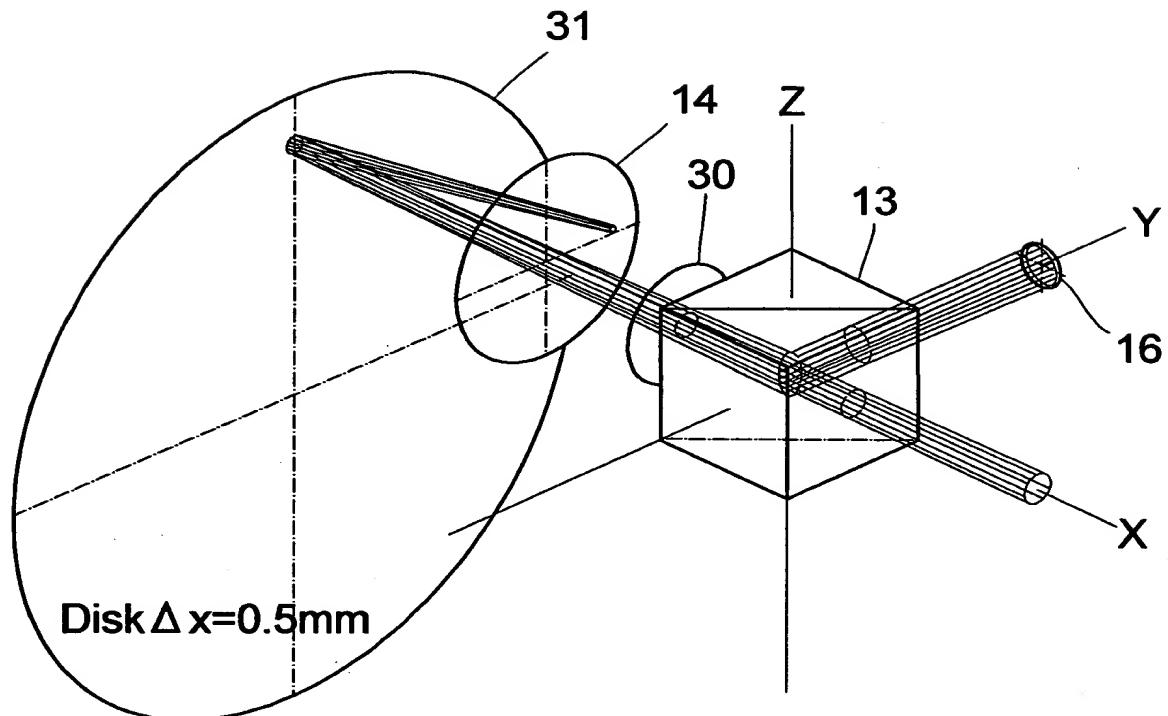
【図29】



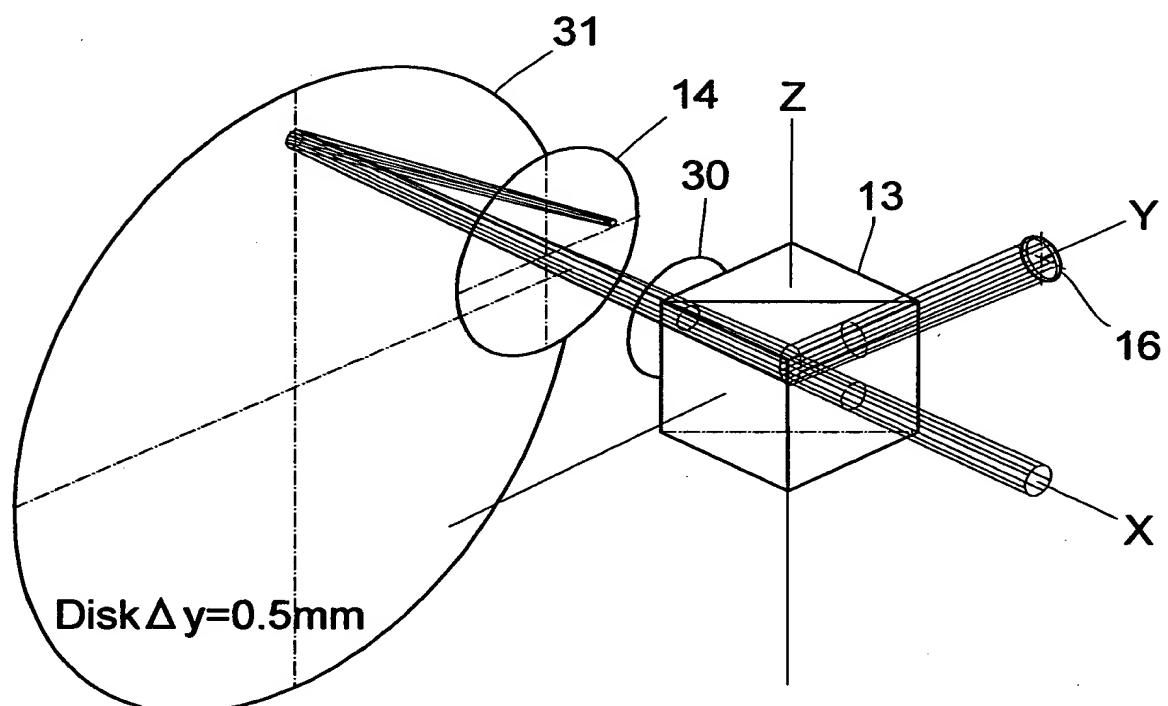
【図30】



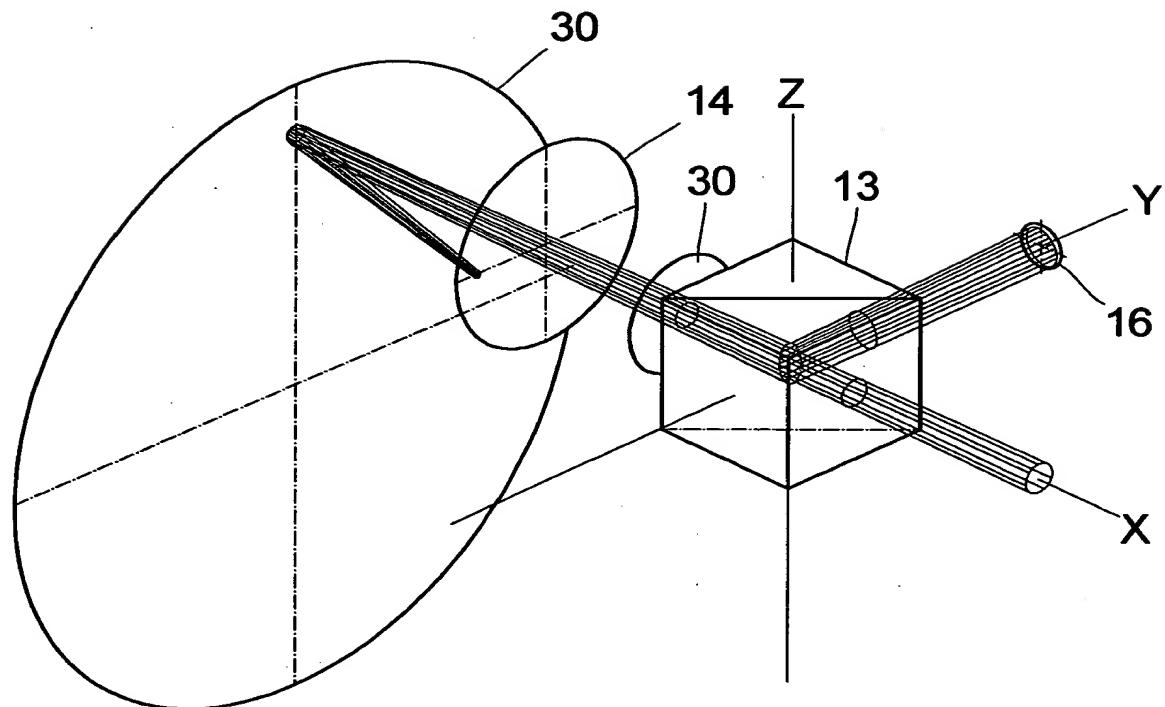
【図31】



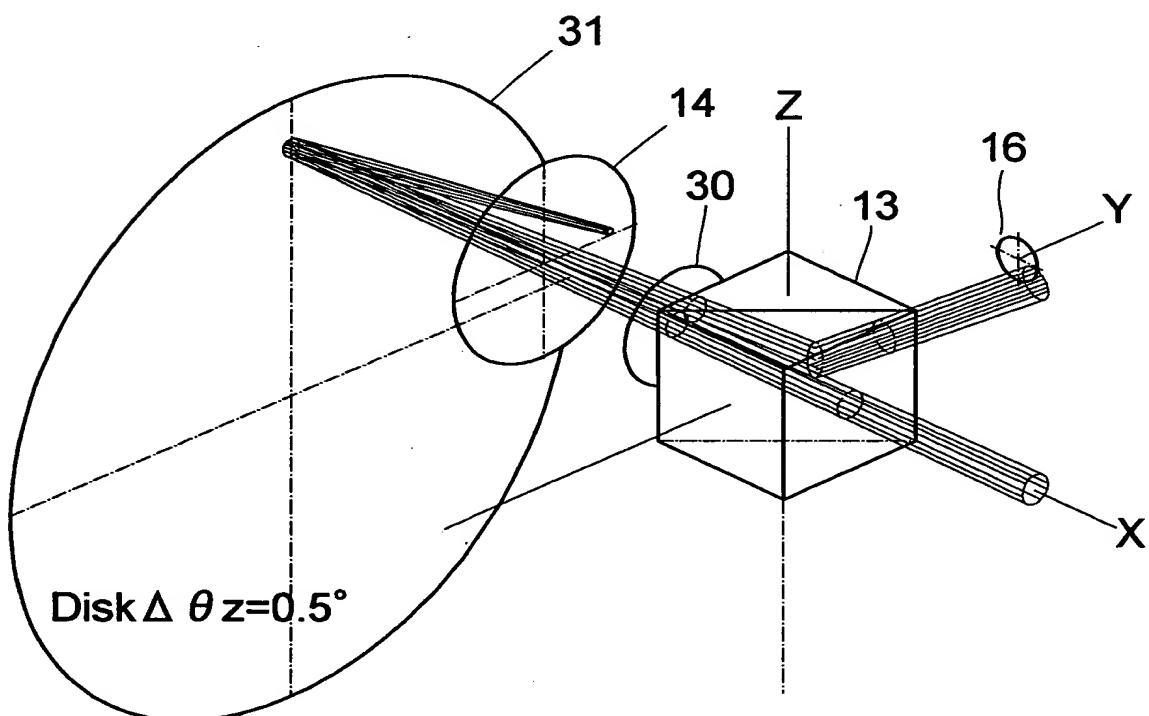
【図32】



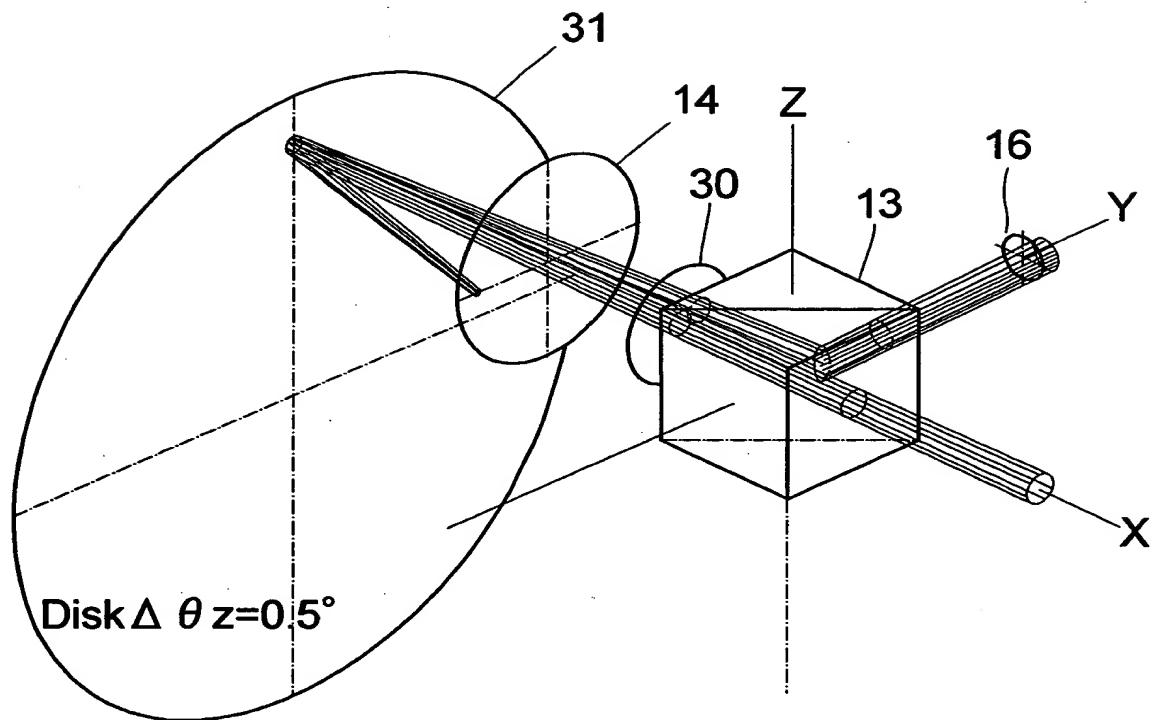
【図33】



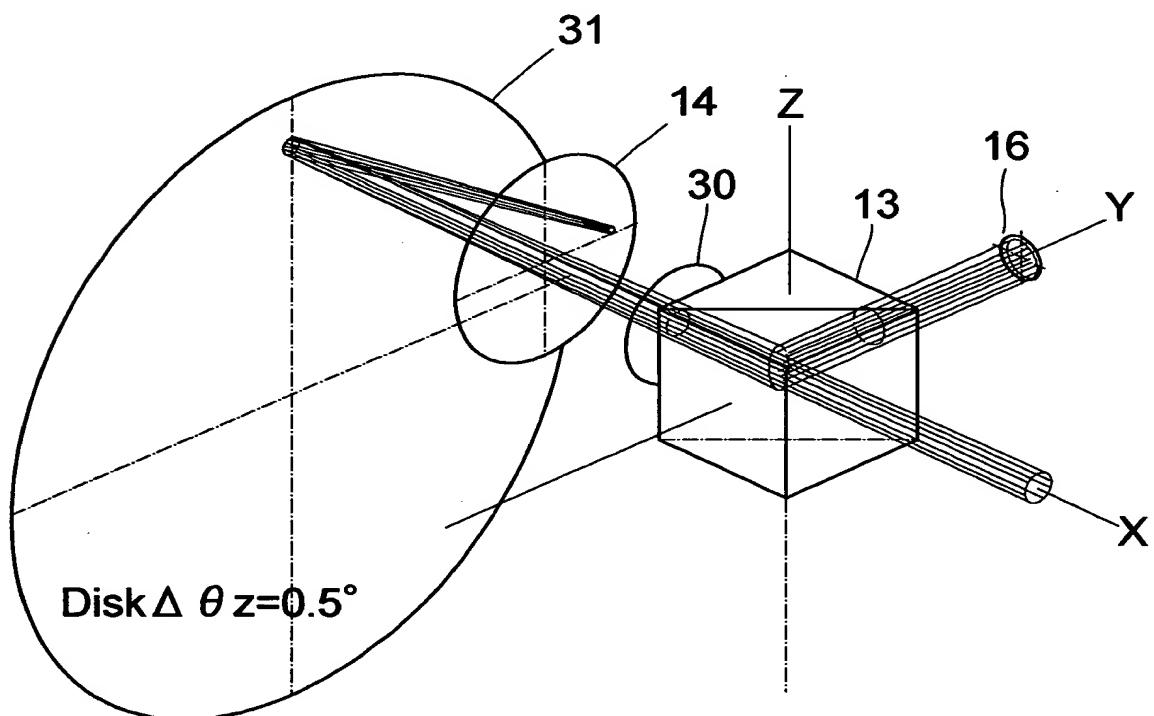
【図34】



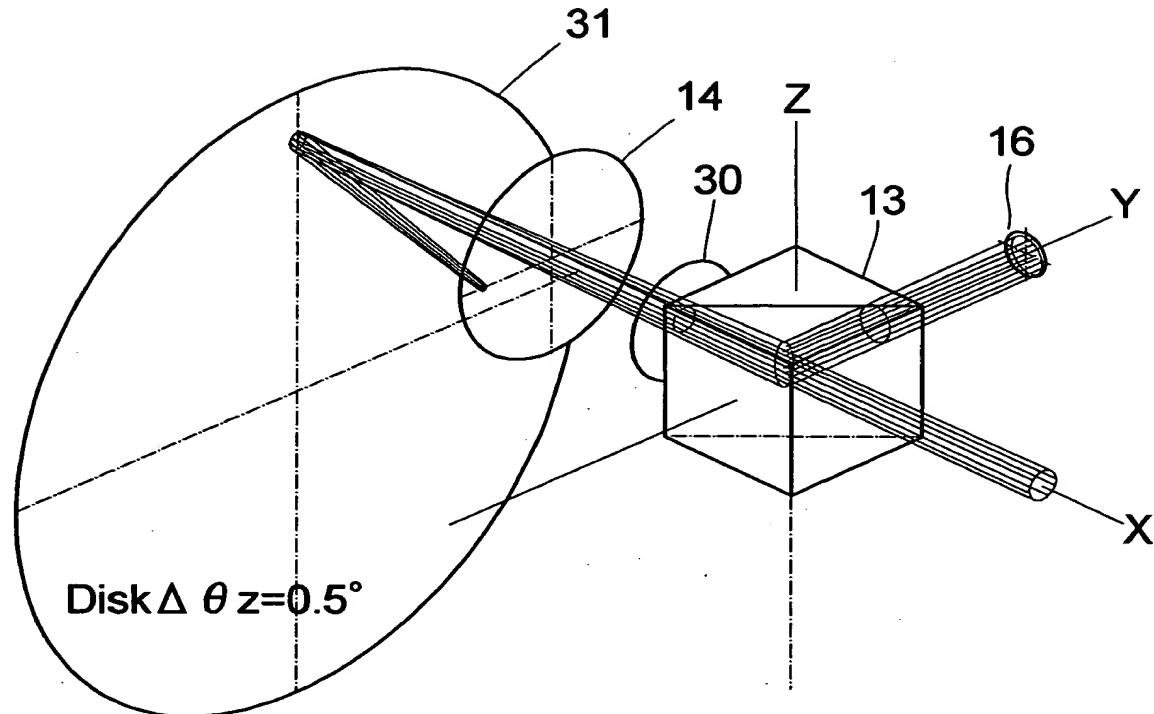
【図35】



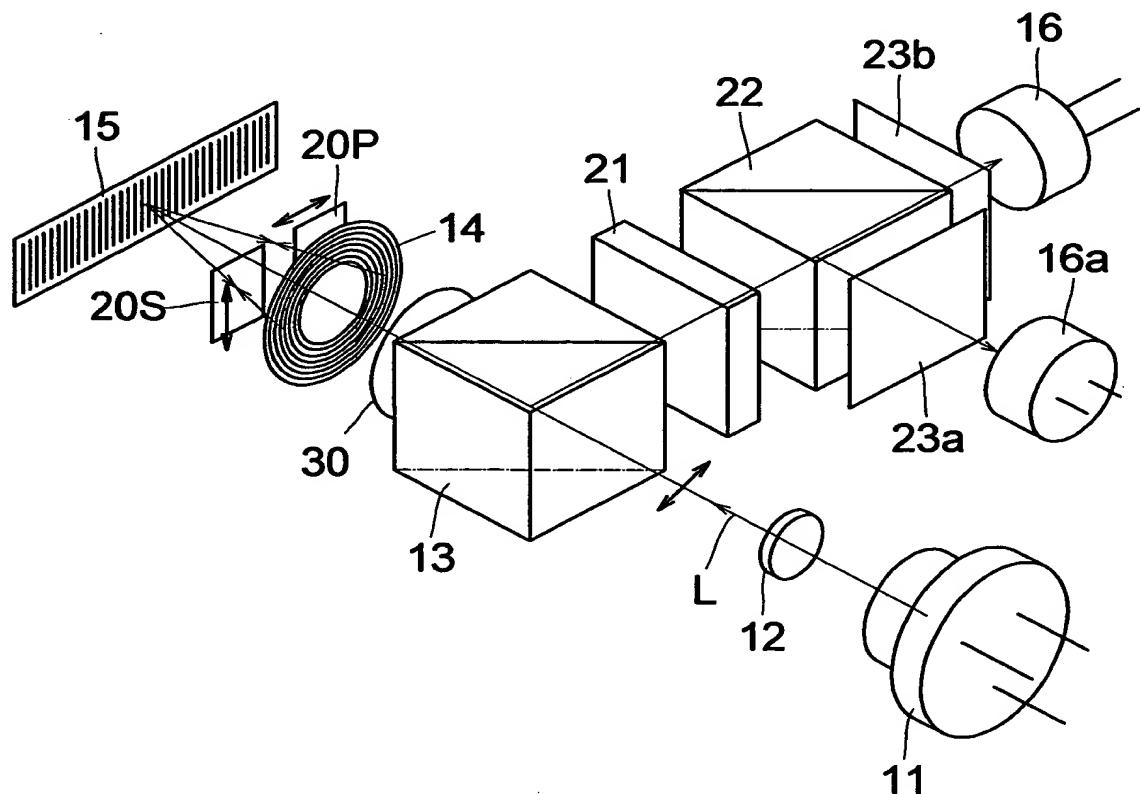
【図36】



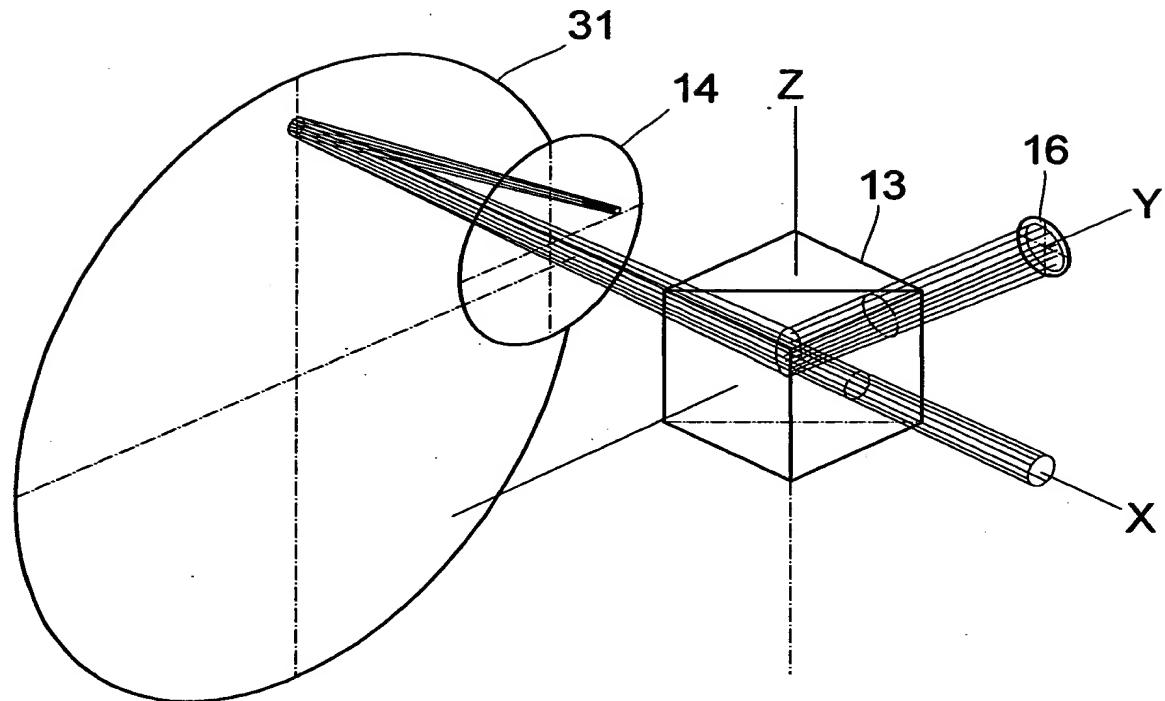
【図37】



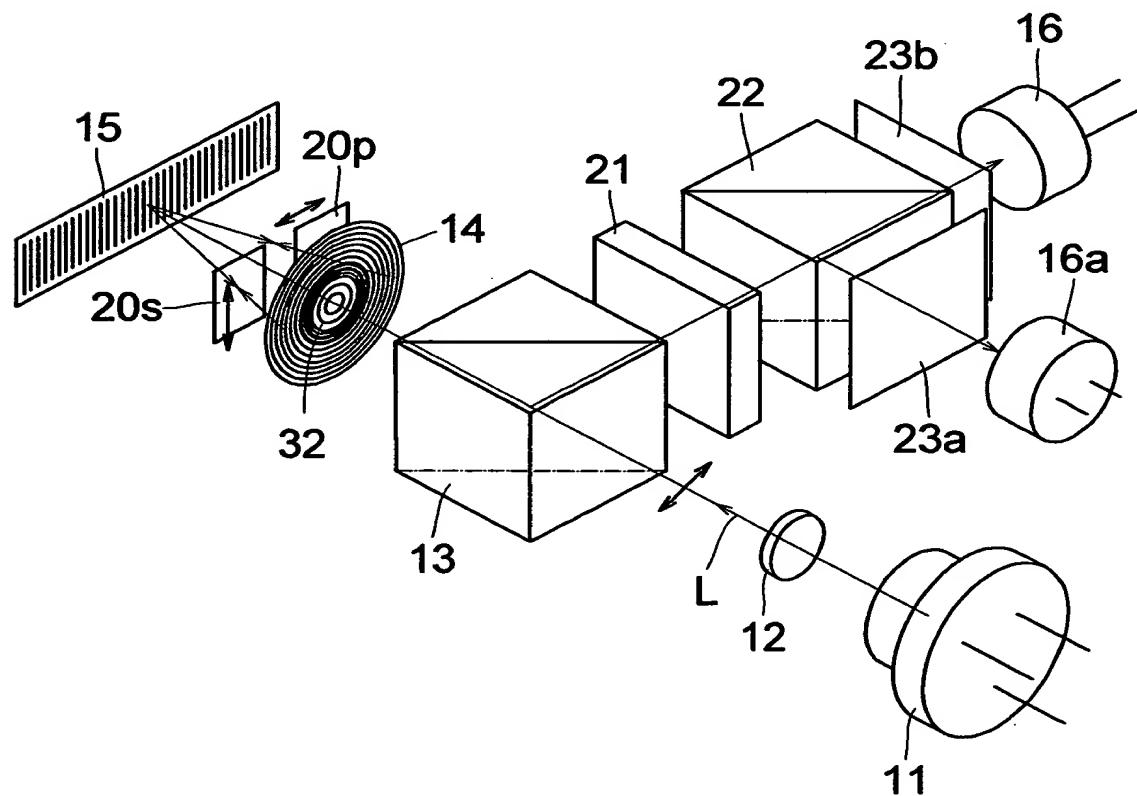
【図38】



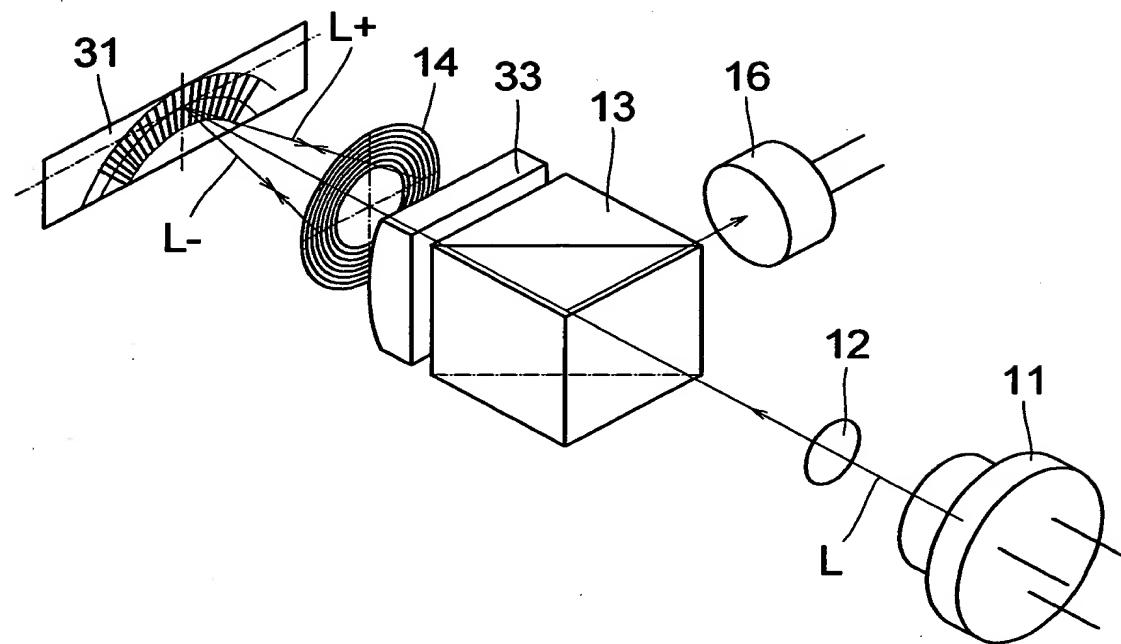
【図39】



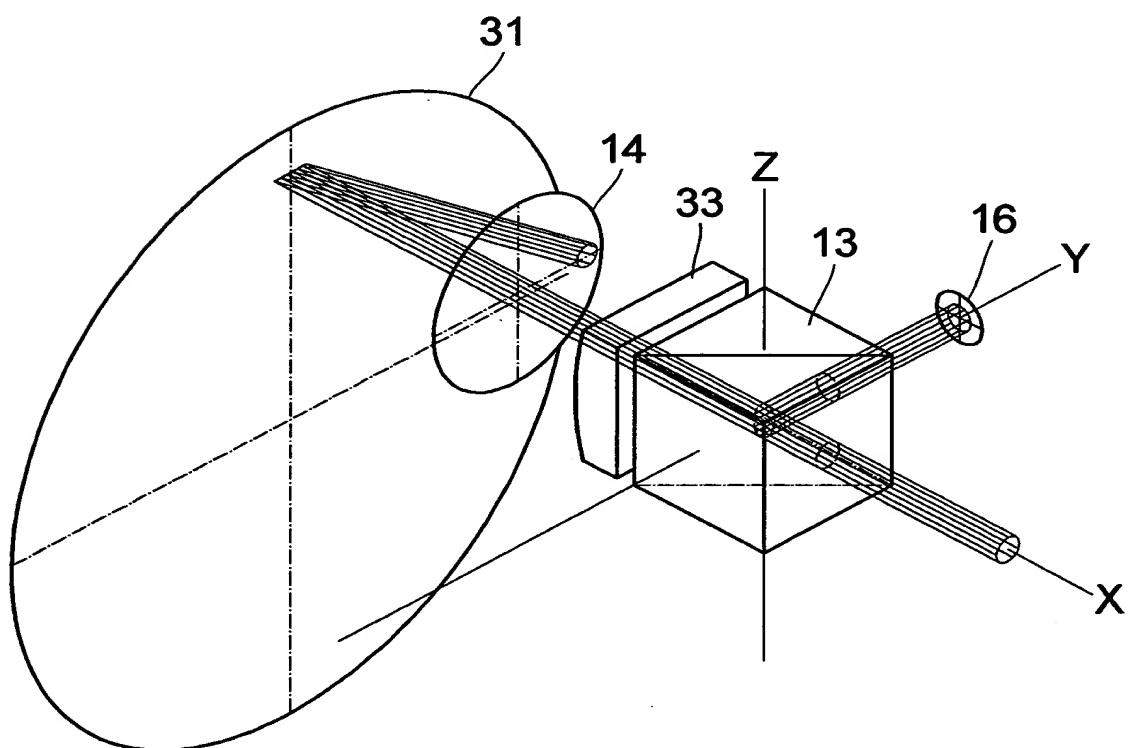
【図40】



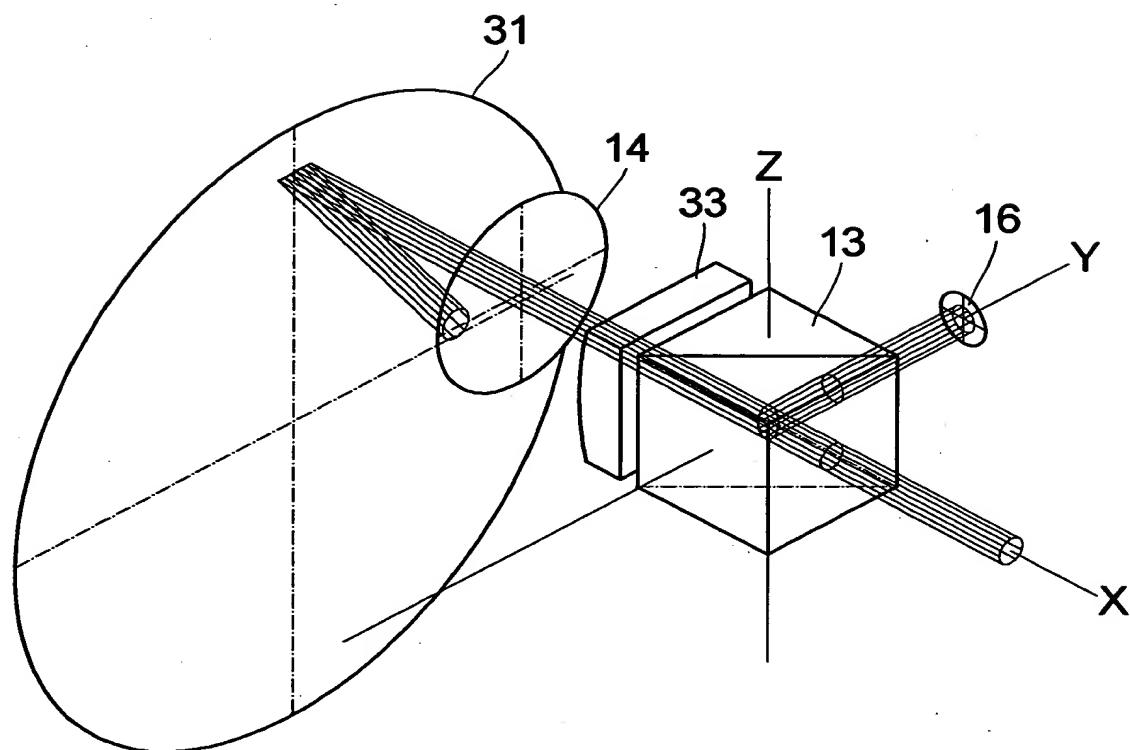
【図4 1】



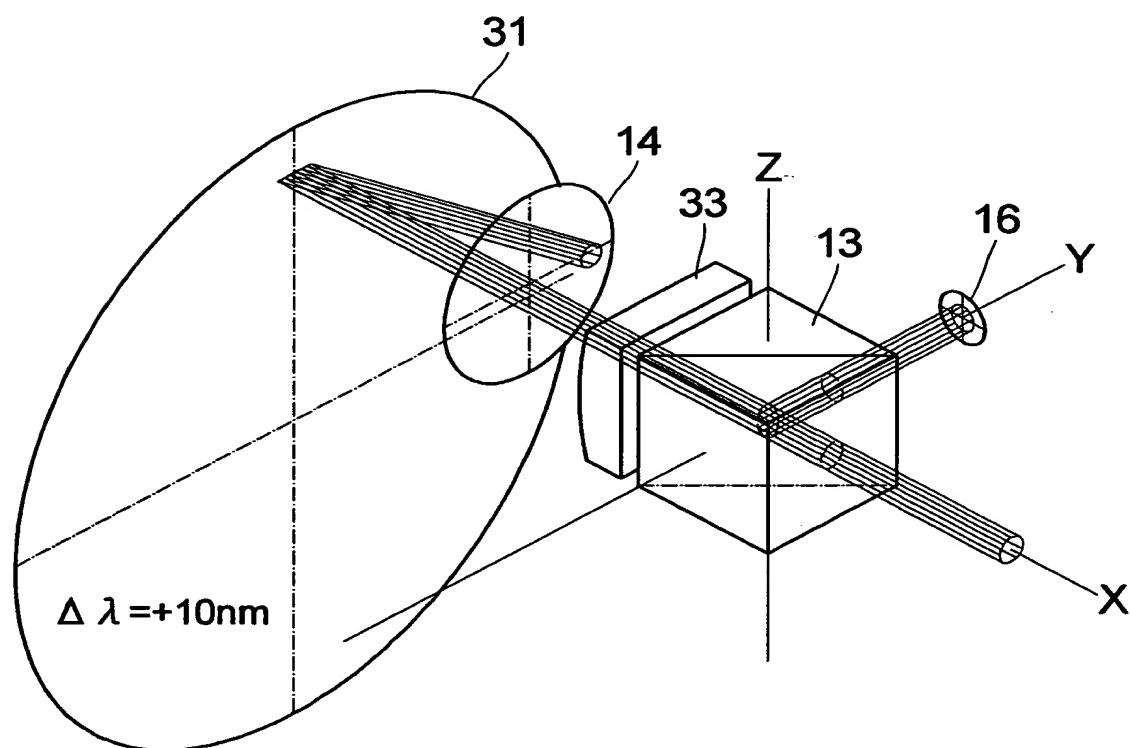
【図4 2】



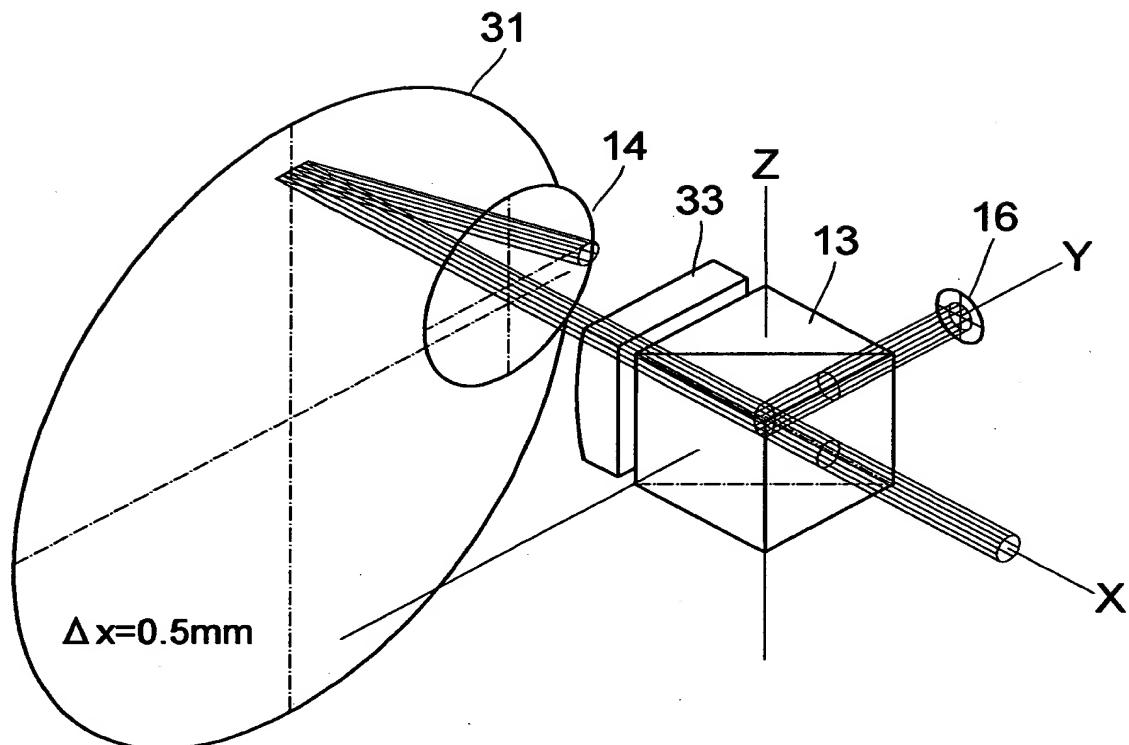
【図43】



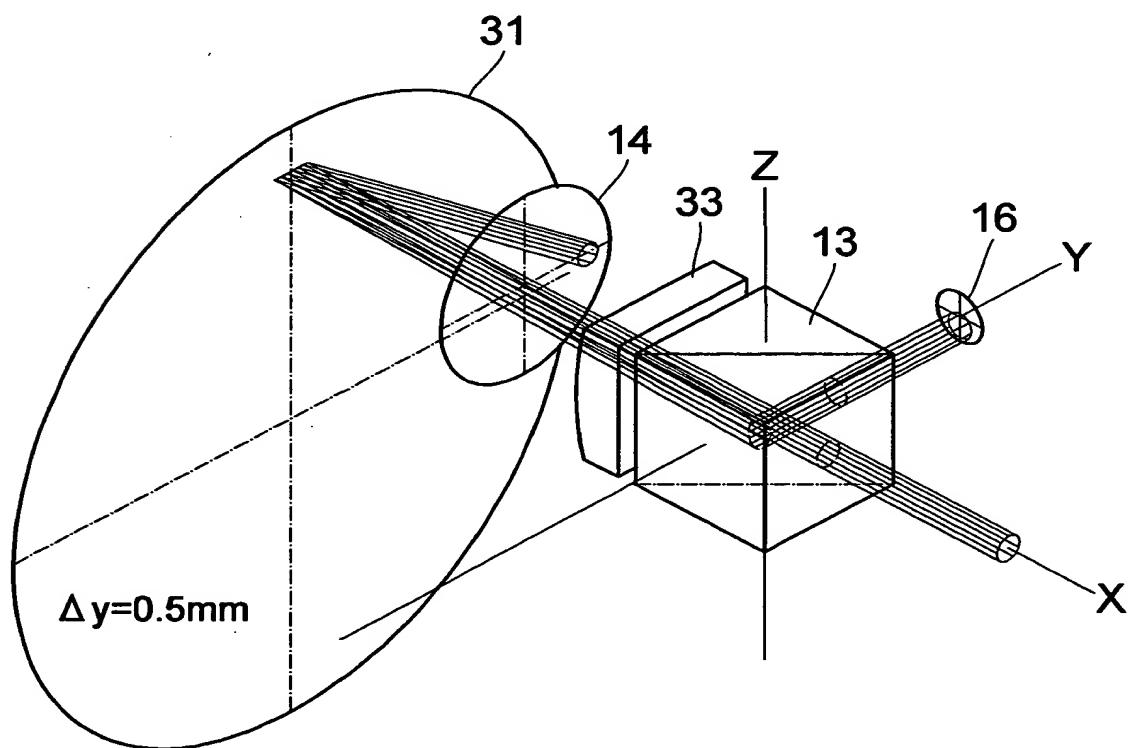
【図44】



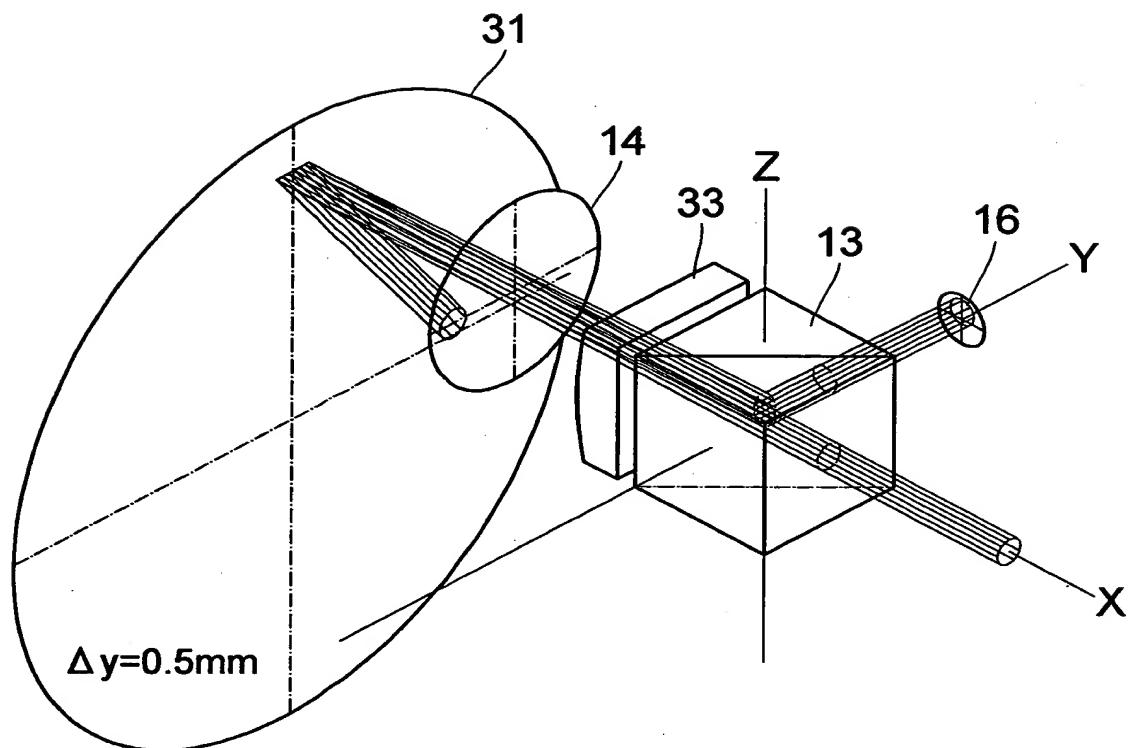
【図45】



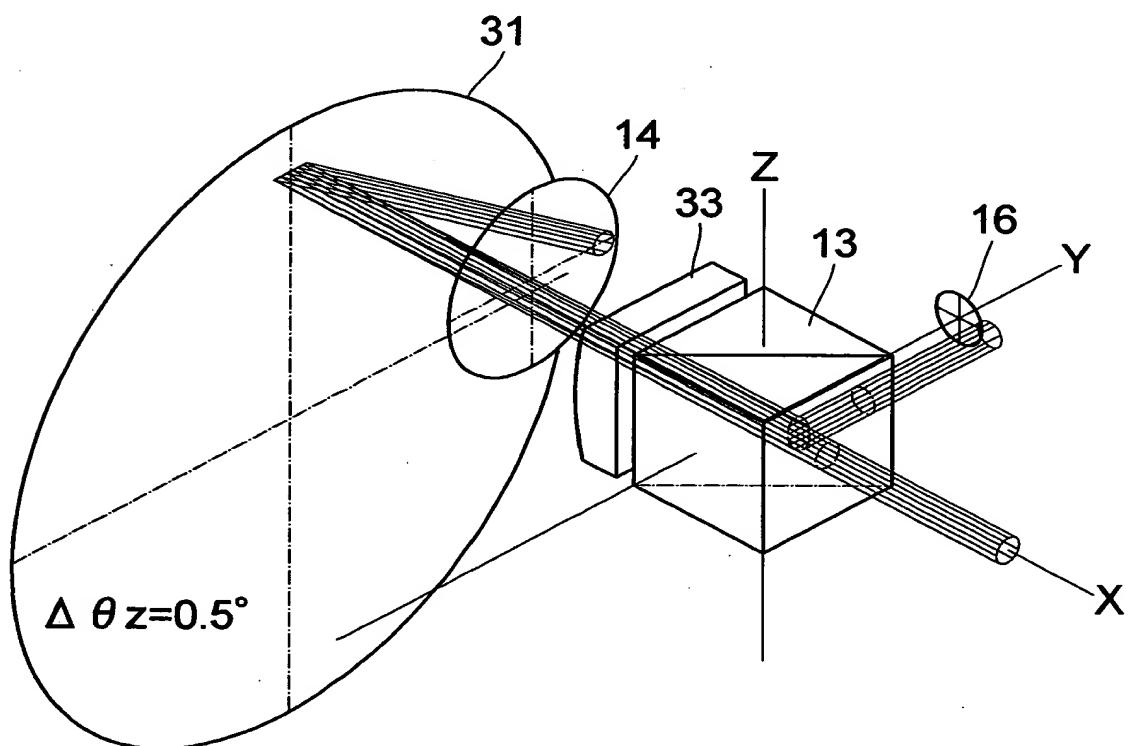
【図46】



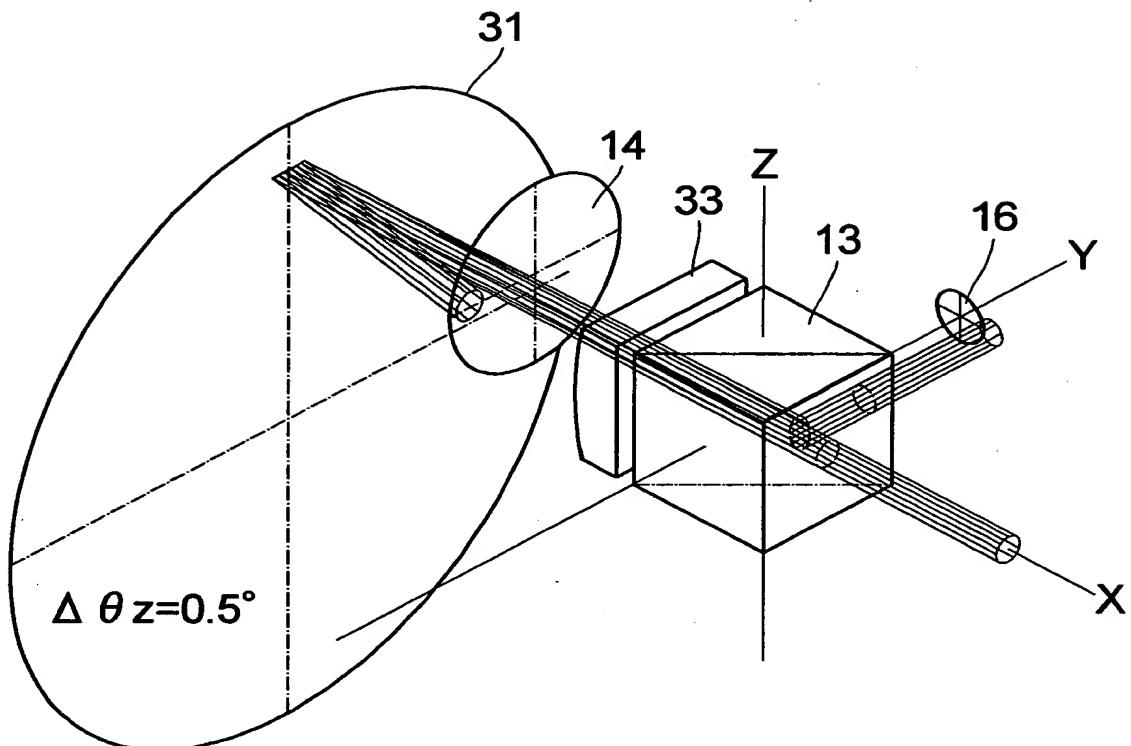
【図47】



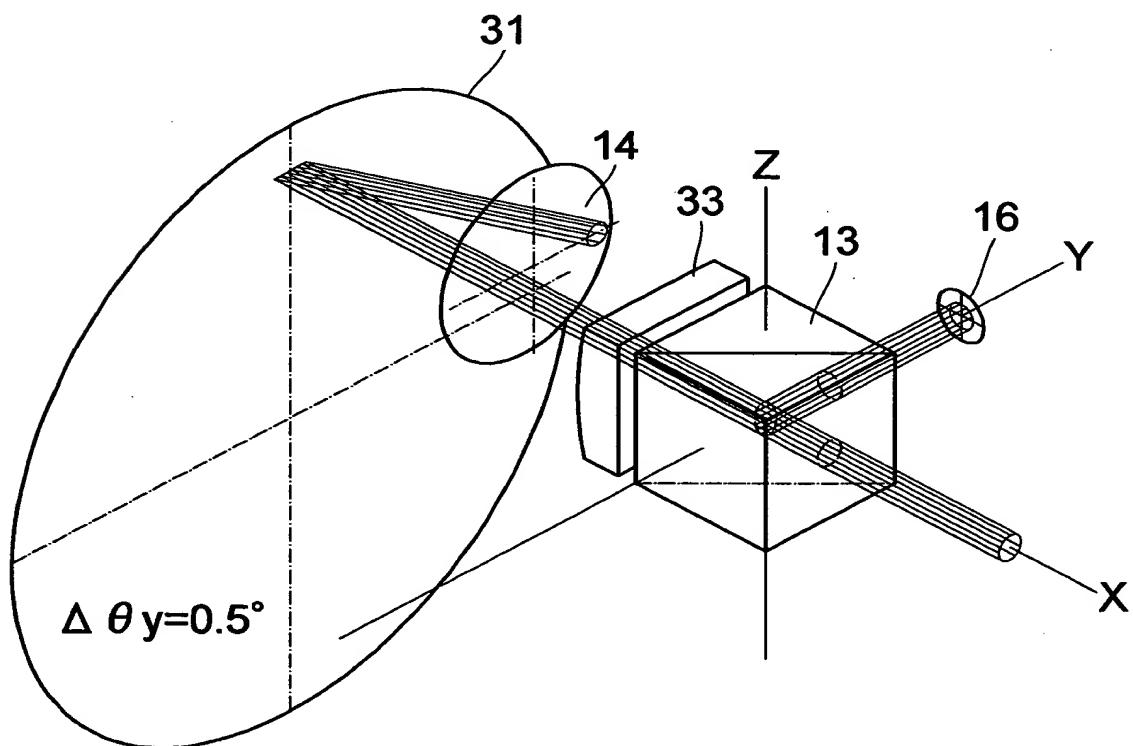
【図48】



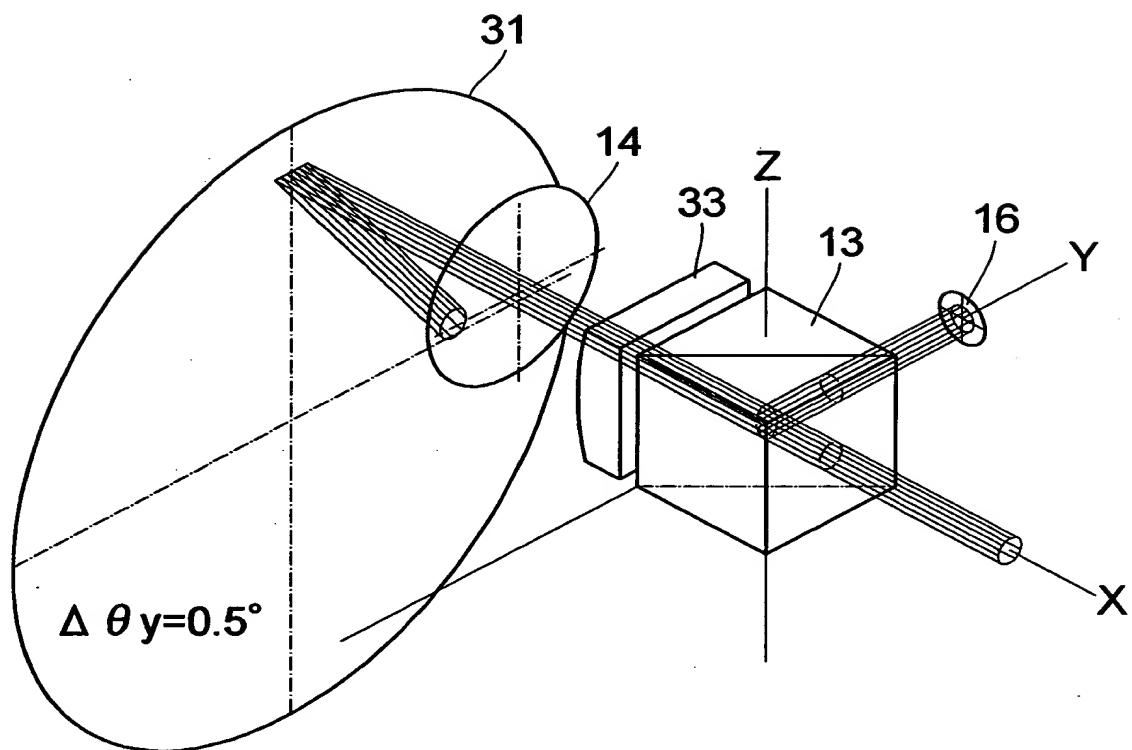
【図49】



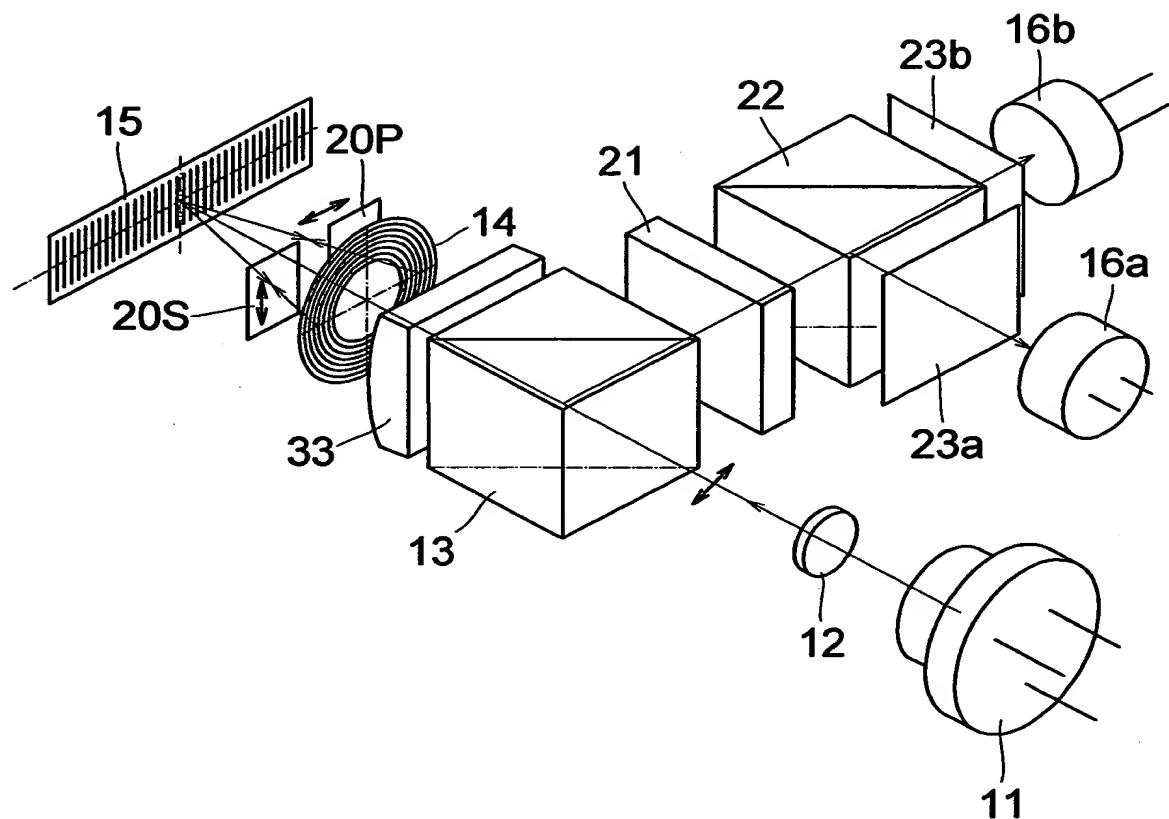
【図50】



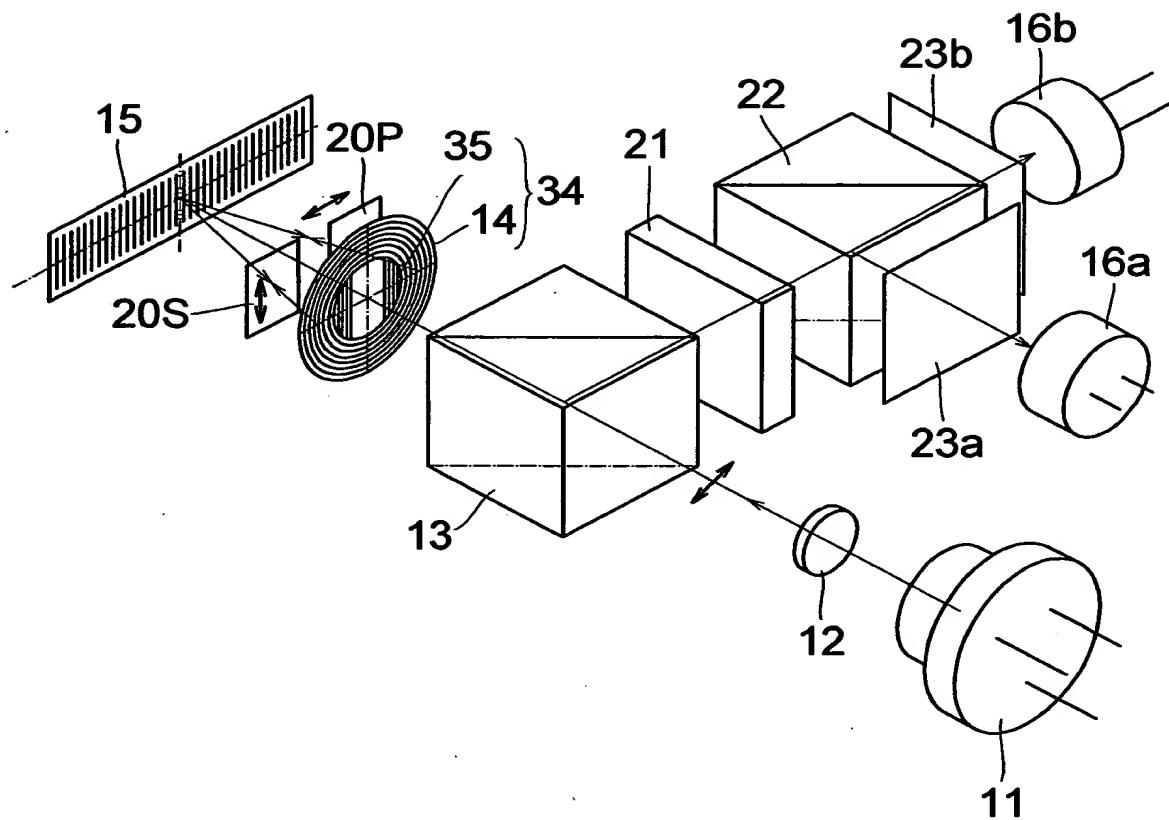
【図51】



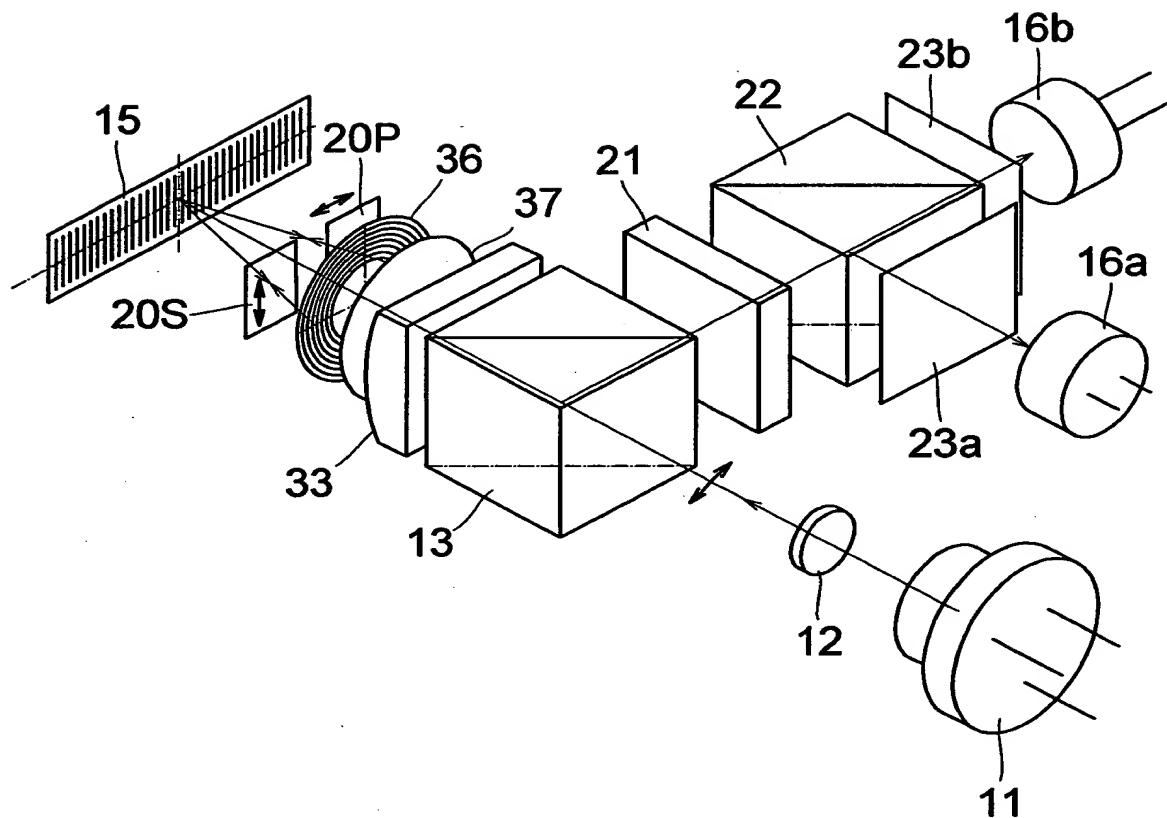
【図52】



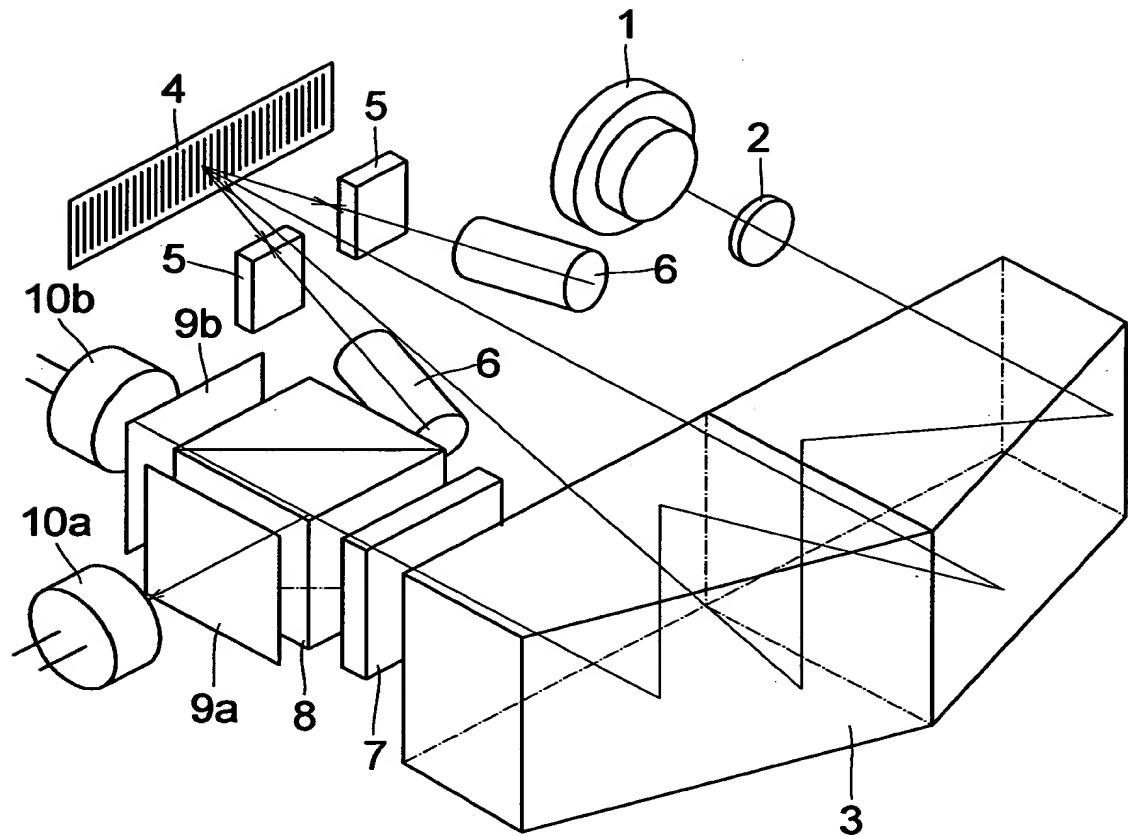
【図53】



【図54】



【図55】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 補正光学系を用いて安定した光束検出を行い、良好な S/N 比を得る。

【解決手段】 半導体レーザー光源 1 1 から射出した光束 L は、コリメータレンズ 1 2、ビームスプリッタ 1 3、円環状反射格子 1 4 の中央部を透過して、リニア回折格子スケール 1 5 に照射され、回折格子スケール 1 5 からの 2 つの反射回折光は、それぞれ円環状反射格子 1 4 上に照射される。円環状反射格子 1 4 はどの部分に入射した光束もほぼ元の方位へ回折し、回折格子スケール 1 5 の同一位置に向けて照射されて再び回折し、それらの光束がそれぞれ重ね合わされてビームスプリッタ 1 3 まで戻され、光束はそれぞれビームスプリッタ 1 3 によって半導体レーザー光源 1 1 と異なる方向へ取り出され、干渉光束として受光素子 1 6 において検出される。半導体レーザー光源 1 1 の発振波長が温度環境の変化等の要因により変化して回折光の回折角が変っても、円環状反射格子 1 4 により元の回折角で回折されるために、回折格子スケール 1 5 による再回折位置及び射出光束の状態は不变であり、干渉状態は安定している。

【選択図】 図 1

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願2001-025124
受付番号	50100140041
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成13年 2月 6日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

## 【特許出願人】

【識別番号】	000001007
【住所又は居所】	東京都大田区下丸子3丁目30番2号
【氏名又は名称】	キヤノン株式会社

## 【代理人】

【識別番号】	100075948
【住所又は居所】	東京都足立区梅島3-3-24 ステーションプラザ318 日比谷特許事務所
【氏名又は名称】	日比谷 征彦

次頁無

出願人履歴情報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

氏 名 キヤノン株式会社